
3 1761 07549919 4

# HANDBUCH DER HYGIENE

## IN ZEHN BÄNDEN.

BEARBEITET VON

Dr. ALBRECHT, Berlin; Prof. ASSMANN, Berlin; Geheimrat Dr. BAER, Berlin; Prof. BLASIUS, Braunschweig; Dr. AGNES BLUHM, Berlin; Sanitätsrat Dr. BRAEHMER, Berlin; Oberrealschulprofessor Dr. L. BURGERSTEIN, Wien; Prof. BÜSING, Berlin-Friedenau; Direktor Dr. EDELMANN, Dresden; Prof. FINKELNBURG, Bonn; Prof. v. FODOR, Budapest; Sanitätsrat Dr. FÜLLER, Neunkirchen; Landwirt GEORG H. GERSON, Berlin; Dr. FR. GOLDSCHMIDT, Nürnberg; Privatdozent Dr. HEINZERLING, Darmstadt; Oberstabsarzt Dr. HELBIG, Dresden; Prof. HUEPPE, Prag; Privatdozent Dr. JURISCH, Berlin; Stadt-Elektriker Dr. KALLMANN, Berlin; Privatdozent und Baumeister KNAUFF, Berlin; Prof. KRAFT, Brünn; Prof. KRATSCHMER, Wien; Oberstabsarzt Dr. KROCKER, Berlin; Dr. D. KULENKAMPFF, Bremen; Dr. LEPPMANN Berlin; Prof. LOEFFLER, Greifswald; Bergrat MEISSNER, Berlin; Direktor MERKE, Moabit-Berlin; Dr. E. METSCHNIKOFF, Paris; Prof. J. MUNK, Berlin; Prof. NEISSER, Breslau; k. k. österr. Vicesekretär im Min. d. Innern Dr. NETOLITZKY, Wien; Privatdozent Dr. H. NEUMANN, Berlin; Dozent CHR. NUSSBAUM, Hannover; Oberingenieur OESTEN, Berlin; Dr. OLDENDORFF, Berlin; Baurat OSTHOFF, Berlin; Bauinspektor E. RICHTER, Hamburg; Ingenieur ROSENBOOM, Kiel; Reg.- und Medizinalrat Dr. ROTH, Oppeln; Bauinspektor RUPPEL, Hamburg; Bergassessor SAEGER, Friedrichshütte; Physikus Dr. SCHÄFER, Danzig; Fabrikinspektor SCHELLENBERG, Karlsruhe; Dr. SCHELLONG, Königsberg i. P.; städt. Ingenieur SCHMIDT, Dresden; Bauinspektor R. SCHULTZE, Köln; Inspektor Dr. SENDTNER, München; Direktor Dr. W. SONNE, Darmstadt; Baurat STÜBBEN, Köln; Prof. STUTZER, Bonn; Direktor Dr. J. H. VOGEL, Berlin; Prof. WEBER, Kiel; Reg.- und Medizinalrat Dr. WEHMER, Coblenz; Prof. WEICHSELBAUM, Wien; Medizinalrat Dr. WERNICH, Berlin; Dr. TH. WEYL, Berlin; Dr. ZADEK, Berlin.

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. MED. TH. WEYL,**

PRIVATDOCENTEN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU CHARLOTTENBURG-BERLIN.

---

## ERSTER BAND.

MIT 114 ABBILDUNGEN UND 2 KURVENTAFELN IM TEXT.

---

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1896.

# HANDBUCH DER HYGIENE.

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. MED. TH. WEYL,**

PRIVATDOCENTEN AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU
CHARLOTTENBURG-BERLIN.

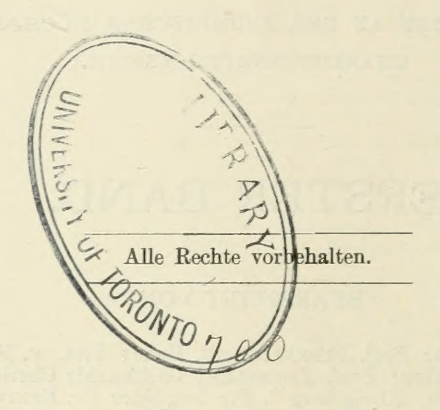
## ERSTER BAND.

BEARBEITET VON

Prof. ASSMANN, Berlin; Prof. FINKELNBURG, Bonn; Prof. v. FODOR, Budapest; Prof. KRATSCHMER, Wien; Prof. LOEFFLER, Greifswald; Oberingenieur OESTEN, Berlin; Dr. SCHELLONG, Königsberg i. P.; Inspektor Dr. SENDTNER, München; Dr. TH. WEYL, Berlin.

MIT 114 ABBILDUNGEN UND 2 KURVENTAFELN IM TEXT.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1896.


LIBRARY
UNIVERSITY OF TORONTO

# Inhalt.

# Vorwort.

Ein Sammelwerk, wie das Handbuch der Hygiene, sollte eher mit einem Epilog geschlossen als mit einem Prolog eröffnet werden. Läßt sich doch erst nach Beendigung des ganzen Werkes überblicken, was dasselbe geleistet, welche Fehler in Anlage und Ausführung gemacht wurden und welche Punkte des ursprünglichen Entwurfs als unpraktisch oder unerfüllbar beiseite bleiben mußten.

Aber ein mehrbändiges Werk ohne Vorrede fände so leicht seinesgleichen nicht. Und so mögen denn die nachfolgenden Bemerkungen gestattet sein. Sie geben nicht etwa ein Programm, das der Gesundheitspflege Ziel und Richtung für einen, wenn auch noch so kleinen Zeitraum vorzuzeichnen sich erkühnte, sie sollen vielmehr nur Rechenschaft darüber ablegen, welche Ideen der Herausgeber mit Hilfe einer größeren Zahl von Mitarbeitern durchzuführen versuchen will.

Das Handbuch der Hygiene stellt sich nicht in den Dienst einer bestimmten Schule oder einiger, wenn auch noch so überragender Persönlichkeiten. Es bringt nicht etwa das wissenschaftliche Glaubensbekenntnis eines kleineren Gelehrtenkreises zum Ausdruck, sondern wird sich einer möglichst unparteiischen Schätzung aller Lehrmeinungen befleißigen.

Dieses ideale Ziel soll erreicht werden, einmal dadurch, daß die Vertreter aller Schulen als Mitarbeiter am Handbuche willkommen waren, ferner aber dadurch, daß ein großer Teil aller Mitarbeiter aus den Reihen der Architekten und Ingenieure gewählt wurde, welche sich zum Glück auf eine bestimmte hygienische Schule nicht einschwören lassen.

Aber nach diesen Worten könnte es scheinen, als wenn in den folgenden Bänden versucht würde, die Theorie mundtot zu machen, weil die Hygiene im Grunde eine praktische Wissenschaft ist.

Nein, auch die Theorie kommt zu ihrem Rechte! Sie hat das Wort in dem umfangreichen Kapitel: Boden, sowie in den Abschnitten: Klima und Kleidung, in den medizinalstatistischen Einleitungen zur Wohnungs- und Gewerbehygiene.

Für die Kapitel praktischen Inhaltes kam es darauf an, möglichst solche Bearbeiter zu finden, welche nicht gezwungen waren, sich erst für die Zwecke des Handbuches in die übernommenen Kapitel hineinzuarbeiten, sondern solche, denen durch die tägliche, berufsgemäße Beschäftigung das übernommene Thema derart geläufig war, daß sie wenig mehr zu thun fanden, als den Inhalt ihres Tagewerkes statt in Entwürfe und Bauausführungen nun einmal in die Form eines Lehrbuches zu zwängen.

Allein beim Verfolgen dieses Planes ergaben sich bald Schwierigkeiten, welche anfangs nicht voll gewürdigt waren.

Während sich für kleinere Abschnitte, wie Volksbäder, Markthallen und Viehhöfe, die kompetentesten Bearbeiter zur Verfügung stellten, ging es nicht an, jene umfangreichen Kapitel, wie Städtereinigung, Bauhygiene, einem einzigen Bearbeiter zu übertragen, wenn man auf eine in allen einzelnen Teilen gleich gewissenhafte und sachverständige Berichterstattung rechnen wollte.

Noch verwickelter wurde die Aufgabe, wenn zu deren Lösung außer einem oder mehreren Technikern noch der hygienisch vorgebildete Mediziner, wie beim Kapitel Krankenhäuser, oder ein Techniker, ein Chemiker und ein Arzt, wie beim Kapitel Wasserversorgung, erforderlich schienen.

In diesen Fällen lag die Gefahr nahe, daß jeder einzelne Bearbeiter seinen eigenen Standpunkt als den maßgebendsten betonte, daß einige Abschnitte unerörtert blieben, weil der Mediziner sie dem Techniker überlassen wollte, während doch beide Bearbeiter gemeinsam Hand anzulegen hatten.

Hoffentlich glückte es wenigstens in der Mehrzahl der Fälle, die Zuständigkeit der Mediziner einerseits, der Techniker andererseits in zutreffender Weise zu begrenzen.

Leider ist die Zahl der Gesundheitsingenieure in Deutschland und Oesterreich, verglichen mit England und Amerika, noch recht gering. So bleibt es denn nicht aus, daß der Techniker das Urteil und die Vorschläge der ärztlichen Sachverständigen unterschätzt, weil er sich auf Grund seiner kursorischen Studien über Gesundheitspflege, die sich meist auf die Lektüre eines Lehrbuches, seltener schon auf den Besuch einer Vorlesung über Hygiene beschränken, in den Stand gesetzt glaubt, die „medizinischen Fragen“ selbständig zu entscheiden.

Aber ist denn der Mediziner in der Hygiene durchschnittlich so gut vorbereitet, daß er dem Techniker mit seinem Rate nützen, durch seine Vorschläge den Bauplan verbessern kann?

Seitdem die Hygiene im deutschen Staatsexamen Prüfungsgegenstand geworden und auch in dem Fachexamen der Amtsärzte (Physici) zur Sprache kommt, ist für eine genügende Verbreitung der hygienischen Grundlehren zwar einigermaßen Sorge getragen. Aber man täusche sich nicht über die erzielten Resultate! Auf Grund eines schriftlichen und mündlichen Examens hat der Physikus von jetzt ab neben seiner gerichtsärztlichen Thätigkeit, welche medizinische, chemische und psychiatrische Kenntnisse — also einen ganzen Menschen — erfordert, auch bei Prüfung bestehender, ja bei Errichtung neuer hygienischer Werke nicht nur mitzusprechen, sondern in vielen Fällen ein maßgebendes Urteil abzugeben. Er soll die Sandfiltration in einer Stadt beaufsichtigen, als wenn man dies durch Lektüre in den bekannten Lehrbüchern der Hygiene erreichen könne. Er soll entscheiden dürfen, ob das Wasser dieses Brunnens verdächtig ist, und braucht niemals eine chemische oder bakteriologische Wasseruntersuchung gemacht zu haben. Er soll den Desinfektionsapparat eines Krankenhauses prüfen, die Lüftungsanlage in einer Schule kontrollieren, die Entwässerung eines Gefängnisses begutachten — und war niemals gezwungen, einen Milzbrandfaden zu präparieren, ein Anemometer zu aichen oder die Rauchprobe anzustellen.

Wer hygienische Funktionen als Amtsarzt ausüben will, sollte experimentell geschult sein!

Aus dieser keineswegs übertriebenen Darstellung dürfte hervorgehen, daß der Staat die hygienische Durchbildung auch derjenigen Aerzte, welche kraft ihres Amtes zu Schützern der öffentlichen Gesundheitspflege berufen sind, vernachlässigt, obgleich der Staat sich täglich ihrer Dienste bedient, obgleich die wie Tagelöhner besoldeten Physiker es weder an Gewissenhaftigkeit noch an Aufopferung bei Erfüllung ihrer schweren Pflichten fehlen lassen.

Aber die Reorganisation der hygienischen Gewalten müßte am Kopfe, nicht an den Gliedern beginnen. Man befreie, zunächst in Preußen, die Gesundheitspolizei aus ihrer unnatürlichen Ehe mit der Unterrichtsverwaltung und den geistlichen Angelegenheiten und übergebe dieselbe dem Minister des Innern als dem Polizeiminister oder noch besser einem eigenen Minister des Gesundheitswesens, der natürlich ein Arzt sein müßte.

Man sorge dafür, daß die hygienische Centralstelle für das Deutsche Reich ihren Obliegenheiten voll genügen kann, indem man ihre Befugnisse erweitert.

Wenn nun der Staat die Ausbildung seiner für die Handhabung der öffentlichen Gesundheitspflege bestimmten Organe versäumt, dürfen wir uns dann wundern, daß große und reiche Gemeinwesen sich noch immer ohne eigenes Gesundheitsamt behelfen, ohne zu

bedenken, wie sehr sie Theorie und Praxis durch diese Gleichgiltigkeit schädigen?

Blicken wir auf die deutsche Militärverwaltung, welche für jedes Armeekorps ein eigenes hygienisches Institut errichtet und die hygienische Durchbildung der Militärärzte fördert.

Die ärztlichen Kreise in Deutschland verlangen eine Fortbildung unserer hygienischen Einrichtungen. Als Vorbild hierbei muß uns England dienen, das uns überall dort sicher geleitet hat, wo wir uns in hygienischen Dingen seiner Führung anvertrauten.

Fehlt es hiernach in Deutschland zur Zeit auch noch an einer genügend großen Zahl geschulter hygienischer Beamten, die Zahl derer, die sich für Hygiene interessieren, dürfte in keinem Lande größer sein als in dem unsrigen.

Dieser großen Zahl wird damit gedient sein, von der Einteilung des in dem Handbuche abzuhandelnden Stoffes[1]), sowie von den Namen derer Kenntnis zu nehmen, welche das Werk durch ihre Mitarbeiterschaft zu unterstützen versprochen haben.

BAND I, Abteilung 1:

*Organisation der öffentlichen Gesundheitspflege in den Kulturstaaten (Prof. Finkelnburg in Bonn).

*Boden (Prof. von Fodor in Budapest).

*Kleidung (Prof. Kratschmer in Wien).

Klima (Prof. Aßmann in Berlin).

Klimatologie und Tropenhygiene (Dr. Schellong in Königsberg i. Pr.).

Abteilung 2:

Trinkwasser und Trinkwasserversorgung:

a) Wasserversorgung, technische Kapitel (Oberingenieur Oesten in Berlin).

b) Bakteriologie des Trinkwassers (Prof. Löffler in Greifswald).

c) Chemische Untersuchung des Trinkwassers (Direktor Dr. Sendtner in München).

d) Beurteilung des Trinkwassers (die unter b und c genannten Herren).

BAND II: Städtereinigung.

Abteilung 1:

Einleitung: Die Notwendigkeit der Städtereinigung und ihre Erfolge (Prof. Blasius in Braunschweig).

Abfuhrsysteme (Prof. Blasius).

*Schwemmkanalisation (Prof. Büsing in Berlin-Friedenau).

1) Ein * bedeutet, dafs das Manuskript vor Veröffentlichung dieser Vorrede dem Herausgeber übergeben worden war.

*Rieselfelder:
a) Anlage, Bewirtschaftung und wirtschaftliche Ergebnisse (Landwirt Georg H. Gerson in Berlin).
b) Vermeintliche Gefahren für die öffentliche Gesundheit (der Herausgeber).
Landwirtschaftliche Verwertung der Fäkalien (Direktor Dr. J. H. Vogel in Berlin).
Flußverunreinigung (Privatdozent Dr. Jurisch in Berlin).
*Straßenhygiene, d. i. Straßenpflasterung, -reinigung und -besprengung, sowie Beseitigung der festen Abfälle (Bauinspektor E. Richter in Hamburg).

Abteilung 2:
*Leichenwesen einschließlich der Feuerbestattung (Medizinalrat Wernich in Berlin).
*Abdeckereiwesen (Medizinalassessor Wehmer in Berlin).

BAND III: Nahrungsmittel und Ernährung.

Abteilung 1:
*Einzelernährung und Massenernährung (Privatdozent J. Munk in Berlin).
Alkoholismus (Oberarzt Dr. Leppmann in Berlin).
*Fleischschau (Direktor Dr. Hertwig in Berlin).

Abteilung 2:
*Nahrungs- und Genußmittel (Prof. Stutzer in Bonn).
Gebrauchsgegenstände, Emaillen, Farben (der Herausgeber).

BAND IV: Allgemeine Bau-(Wohnungs-)Hygiene.
Einleitung: Einfluß der Wohnung auf die Gesundheit.
1) Eigentlicbe Wohnungshygiene:
a) Bauplatz, Baumaterialien, Anlage von Landhäusern, Mietskasernen, Arbeiterwohnhäusern und billigen Wohnungen überhaupt. Gesetzliche Maßnahmen zur Begünstigung gemeinnütziger Baugesellschaften (Dozent Chr. Nußbaum in Hannover).
b) Stadtbaupläne, Bauordnungen, behördliche Maßnahmen gegen ungesunde Wohnungen (Baurat Stübben in Köln).
2) Heizung und Ventilation (städt. Ingenieur Schmidt in Dresden).
3) Beleuchtung (Prof. Weber in Kiel).

BAND V: Spezielle Bauhygiene [Teil A].

Abteilung 1:
Krankenhäuser.
a) Aerztliche Ansprüche an Krankenhäuser (vacat).
b) Bau der Krankenhäuser (Bauinspektor Zekeli in Berlin).

c) Verwaltung der Krankenhäuser (Direktor Merke in Moabit-Berlin).

Aerztliche Ansprüche an militärische Bauten: Militärlazarette u. s. w. (Oberstabsarzt Villaret in Spandau).

Abteilung 2:

Gefängnishygiene (Geheimrat Dr. Baer in Berlin).

BAND VI: Spezielle Bauhygiene [Teil B].

Markthallen und Viehhöfe (Baurat Osthoff in Berlin).

Volksbäder (Bauinspektor R. Schultze in Köln).

Unterkünfte für Obdachlose, Wärmehallen.

Theaterhygiene.

Schiffshygiene.

Eisenbahnhygiene (Sanitätsrat Braehmer in Berlin).

BAND VII, Abteilung 1:

Oeffentlicher Kinderschutz (Privatdozent Dr. H. Neumann in Berlin).

Abteilung 2:

Schulhygiene (Oberrealschulprofessor Dr. L. Burgerstein und k. k. österr. Ministerialrat Dr. Netolitzki [medizinische Kapitel] beide in Wien).

BAND VIII: Gewerbehygiene.

Allgemeiner Teil:

Medizinalstatistische Einleitung (Reg.- und Medizinalrat Roth in Köslin).

Maschinelle Einrichtungen gegen Unfälle (Prof. Kraft in Brünn).

Hygienische Fürsorge für männliche Arbeiter.

Hygienische Fürsorge für Arbeiterinnen und deren Kinder (eine Aerztin oder Fabrikinspektorin).

Spezieller Teil:

Die Unterhandlungen mit den Herren Mitarbeitern sind noch nicht beendet.

BAND IX: Aetiologie und Prophylaxe der Infektionskrankheiten.

Bakteriologie und Epidemiologie der Infektionskrankheiten (Prof. Weichselbaum in Wien).

Immunität und Schutzimpfung (Prof. Emmerich in München).

Desinfektion und Prophylaxe der Infektionskrankheiten (der Herausgeber).

BAND X: Ergänzungsband.

Generalregister zu allen Bänden.

Daß die einzelnen Abteilungen des Handbuches stets in der oben angegebenen Reihenfolge zum Abdruck gelangen, läßt sich nicht mit Sicherheit versprechen, weil beim Ausbleiben eines Manuskriptes, welches zwischen bereits längere Zeit druckfertigen Abteilungen

die Brücke bilden sollte, im Interesse der Autoren Abweichungen eintreten müssen.

Doch werden die ausführlichen Inhaltsverzeichnisse der einzelnen Abteilungen, ferner die umfangreichen Register — zunächst der einzelnen Bände, später des gesamten Werkes — die Auffindung auch der verstecktesten Thatsache oder Angabe ermöglichen. Die große Zahl von Abbildungen, mit denen die Freigebigkeit des Herrn Verlegers das Werk ausstattet, wird das Verständnis namentlich der technischen Kapitel erleichtern.

Einige Abschnitte, wie Straßenhygiene, allgemeine Bauhygiene und Wohnungshygiene, dürften bisher in deutscher Sprache nur selten so ausführlich bearbeitet sein, als dies in diesem Handbuche geschieht.

Die Gewerbehygiene soll entsprechend ihrer Wichtigkeit eine besonders eingehende Würdigung finden, wenngleich es schwer hält, für ein Gebiet die geeignetesten, d. h. medizinische Bearbeiter zu finden, aus welchem durch die in Preußen geltende Gesetzgebung die geborenen Förderer der Gewerbehygiene, die Aerzte nämlich, beinahe ausgeschlossen sind.

Der Bakteriologie als solcher wurde eine besondere „Abteilung“ nicht gewidmet. Sie erscheint vielmehr nur als eine der zahlreichen Methoden, deren die Hygiene bedarf, in solchen Kapiteln, in denen sie zur Lösung hygienischer Fragen ihre Hülfe leiht und allerdings häufig genug den Ausschlag giebt. Dies ist der Fall in der Lehre vom Boden, vom Trinkwasser, von den Nahrungsmitteln und endlich in jenem wichtigen Abschnitte, der die Theorie der Infektionskrankheiten behandelt.

Noch niemals zuvor, in keiner Sprache hat die Hygiene, soweit dem Herausgeber bekannt, eine ähnlich ausführliche und der Vollständigkeit nahekommende Darstellung gefunden, als in diesem Handbuche versucht wird.

Blicke ich daher mit einigem Stolze und — warum soll ich es nicht aussprechen — mit einer gewissen Genugthuung auf die stattliche Reihe der Mitarbeiter, deren Namen das Gelingen des Handbuches gewährleisten, so darf ich die Hoffnung hegen, daß dieses Werk dem Mediziner, dem Techniker und dem Verwaltungsbeamten bei der Entscheidung hygienischer Fragen ein zuverlässiger Berater sein wird.

Berlin W., Kurfürstenstr. 99 A, II Trp.,
August 1893.

**Th. Weyl.**

# GESCHICHTLICHE ENTWICKELUNG UND ORGANISATION

## DER ÖFFENTLICHEN GESUNDHEITSPFLEGE IN DEN KULTURSTAATEN.

BEARBEITET

VON

C. FINKELNBURG,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT BONN.

---

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

ERSTER BAND. ERSTE ABTEILUNG.
ERSTE LIEFERUNG.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1893.

# Inhaltsübersicht.

Wenngleich es erst in unserem Jahrhundert zur Entwickelung der Hygiene als einer wissenschaftlichen Disciplin gekommen ist, so finden wir doch ihre praktische Bedeutung, auch im öffentlichen Leben, schon von den ältesten Kulturvölkern anerkannt und bethätigt. Verdankten die ersten staatlichen Gebilde ihre Entstehung dem Bedürfnis gemeinsamer Abwehr feindlicher Angriffe, so mußte dies Bedürfnis alsbald auch anerkannt werden gegenüber den Angriffen gesundheitsfeindlicher Einflüsse auf die Gemeinschaft. Bis zum heutigen Tage hat ja die Hygiene sich nur mit der Erkenntnis und der Bekämpfung aller derjenigen Einflüsse zu befassen, welche das gesundheitliche Befinden beeinträchtigen. Die Gesundheit als solche — d. h. der normale harmonische Ablauf aller organischen Funktionen — ist, wo sie vorhanden, keiner positiven Steigerung fähig; alle „Förderung" des Befindens kann nur in Abhaltung störender äußerer Einflüsse oder in Beseitigung derjenigen inneren Störungen bestehen, welche unsere Widerstandskraft gegen äußere Schädlichkeiten schwächen. Die letztere Aufgabe fällt hauptsächlich der persönlichen, die erstere zum größeren Teile der öffentlichen Gesundheitspflege zu, und dieser erstgenannten Aufgabe, welche einen wichtigen Teil der „Sozialwissenschaft" bildet, haben bereits die Staatsmänner des alten Aegyptens [1] und Israel's [2] gebührend Rechnung getragen. In beiden Ländern war es vornehmlich die Bekämpfung des epidemischen Aussatzes und sexueller Ansteckungskrankheiten, aber auch schon die Abwehr der gefährlichen Folgen exkrementieller Unreinlichkeit und die Ausgleichung klimatischer Schädlichkeiten, auf welche die vielen gesetzlichen Bestimmungen betreffend die Kleidung, Nahrung, Bäder und Waschungen, Cirkumcision (von Egypten nach Palästina verpflanzt), Reinhaltung der Wohnstätten u. s. w. abzielten. Selbst eine öffentliche Fleischschau bestand schon bei den Aegyptern: den zum Schlachten gut befundenen Rindern wurde, wie Herodot berichtet, ein Papierstreifen um das Horn gewickelt und ein Siegel von Thonerde daraufgedrückt. Auch die Griechen hatten schon früh ihre teils von religiösen, teils von politischen Zwecken beherrschte öffentliche Gesundheitspflege, welche bei den Spartanern durch Lykurg zu einem ins persönliche und Familienleben tief einschneidenden System ausgebildet wurde. Dieser politischen Hygiene folgte zunächst eine Schule philosophischen Ge-

präges unter Pythagoras und seinen Schülern, welche einen Staat im Staate, eine Art von Ordensgesellschaft mit strengen physischen und psychischen Lebensregeln bildeten und denen auch manche öffentliche Assanierungswerke besonders in den Kolonien Süditaliens, die Entsumpfung von Städten, die Abhaltung des Scirocco mittels Ausfüllung einer Bergspalte u. s. w. zugeschrieben werden. Fruchtbarer und nachhaltiger wirkte der im 5. Jahrhundert v. Chr. beginnende Einfluß der hippokratischen Forschungsweise und ätiologischen Auffassungen, wie auf alle Zweige der Heilkunde, so auch auf die Hygiene, welche erst von da ab eine naturwissenschaftliche Grundlage gewann. Ob Hippokrates bereits — wie Galen später erzählt — bei der in Athen herrschenden Pest aromatische Massenräucherungen und große Feuer in den Straßen empfohlen habe, mag dahingestellt bleiben; aber seine Abhandlungen über Luft, Wasser, Boden, Wohnungen und Beschäftigungseinflüsse, seine Begründung der Begriffe von örtlichen und zeitlichen Krankheitskonstitutionen, von sporadischen und pandemischen Krankheiten, seine Beleuchtung des Einflusses sozialer Institutionen auf die Konstitution der Menschen u. s. w. legten den Grund zu einer Umwälzung des hygienischen Denkens und Handelns, welche sowohl in den Schriften der nächstfolgenden Zeitepoche wie auch in den öffentlichen Einrichtungen bald zum Ausdruck gelangte. Ganz im Geiste des großen Meisters von Kos sagt der ursprünglich für den ärztlichen Beruf bestimmte Aristoteles in seiner „Politica“: „Am meisten Einfluß auf die Gesundheit hat das, was wir am meisten und häufigsten für den Körper gebrauchen; einen solchen Einfluß hat besonders Wasser und Luft.“ Im Sinne hippokratischer Grundsätze wurden Gymnasien und öffentliche Bäder zu Lehrstätten gesundheitlicher Lebensregeln; die Versorgung der Städte mit reinem und reichlichem Wasser wurde von der solonischen Gesetzgebung vorgeschrieben; eine vollendete Ausführung dieser Vorschrift bezeugen noch heute die Ueberreste der großen Wasserleitungen vom Hymettos und vom Pentelikon nach Athen aus der Pisistratidenzeit und die in neuester Zeit aufgefundene Wasserleitung auf Samos, welche einen Berg tunnelartig durchsetzt, während zugleich die unterirdischen Abzugskanäle begehbarer Größe in Athen von der vollen Würdigung städtischer Reinigungsaufgaben Zeugnis ablegen.

Wie früh man in Rom bereits vor dem Einfluß griechischer Heilkunde die praktischen Aufgaben der öffentlichen Gesundheitspflege erfaßte, beweisen sowohl die in der Königszeit begonnenen großartigen Trinkwasserleitungen (schon die von Ancus Martius angelegte älteste sog. „Aqua Marcia“ leitete das Wasser aus 10 km Entfernung nach der Stadt), wie auch die fürsorglichen Bauten zur Stadtreinigung aus derselben Zeit[3]. Die von Tarquinius Priscus im 6. Jahrhundert v. Chr. begonnene „Cloaca Maxima“, welche auch den sumpfigen lacus Curtius durch Hindurchleitung fließenden Wassers unschädlich machte, dient mit ihren stattlichen Raumverhältnissen von 5 m Höhe und 4 m Breite noch heute als Hauptreinigungskanal; auf den Umfang der gesamten städtischen Kanalisation läßt die Angabe schließen, daß eine Reinigung und Reparatur derselben im 2. Jahrhundert v. Chr. den Kostenaufwand von 5 Millionen M. erforderte. Die Wasserleitungen, welche allmählich bis zu 14 großen und 20 kleineren vermehrt wurden und deren einige bis zu 50 km Entfernung von der Stadt sich erstreckten, lieferten

unter Tiberius und Nero 1400 l pro Tag und Kopf der Bevölkerung, genügten daher auch zur reichlichen Durchspülung der Kanäle. Oeffentliche Bäder entstanden in großer Anzahl (von 400 v. Chr. bis 180 n. Chr. angeblich 800), teils als staatliche oder kommunale Einrichtungen, teils als wohlthätige Stiftungen; ihren volkstümlichen Charakter bezeugt schon die auf großartigen Massengebrauch berechnete Anlageweise: die thermae Caracallae z. B. dienten für 3000 gleichzeitig Badende.

Im übrigen herrschten bezüglich gemeingefährlicher Krankheiten theurgische Vorstellungen bis in die Kaiserzeit hinein. Zur Abwendung der Seuchen diente die Versöhnung der Götter durch Spenden, man schuf opferdurstige Gottheiten als besondere Repräsentanten bestimmter Seuchen, so die dea Mephitis und die dea Febris; letztere wird noch heute an derselben Stätte, wo ihr Tempel stand, als nunmehrige „Madonna della febre“ angerufen und beschenkt.

Die Nahrungsmittelpolizei (unter der Aufsicht besonderer Aedilen), die öffentliche Bauordnung, welche unter Augustus die erste Maximalhöhe (von 22 m) für Häuserbauten festsetzte und deren hygienische Motive uns durch Vitruvius überliefert worden sind, die Aufsicht über die Leichenbestattungen, welche letztere innerhalb der Hauptstadt nicht geduldet wurden, die methodische Anpflanzung von Myrthen- und Lorbeerhainen zur Abhaltung der Malaria und andere ähnliche Veranstaltungen beweisen, wie ungeachtet des vollständigen Mangels an ärztlichem Einflusse auf die öffentlichen Angelegenheiten schon vor und in der ersten Kaiserzeit sich ein System öffentlicher Gesundheitsfürsorge aus rein praktischem Antriebe entwickelte. Die alsdann folgende Blütezeit griechischer Heilkunde in der Kaiserstadt und namentlich die unter Antoninus Pius organisierte Anstellung ärztlicher Gesundheitsbeamten („Archiatres populares“ genannt zur Unterscheidung von den seit Nero bestehenden „Archiatres palatini“ oder kaiserlichen Leibärzten) lenkte jene staatliche Fürsorge in klarere und erweiterte Bahnen, deren wohlthätiger Einfluß bis in die Zeiten des Verfalls und des byzantinischen Formalismus noch lange verfolgbar ist. In der nachconstantinischen Zeit baute man, wie in allen Zweigen der öffentlichen Verwaltung, so auch in der Medizinalordnung eine Hierarchie von aufsteigenden Ordensklassen empor („comitivae archiatrorum primi, secundi et tertii ordinis“), über welchen als höchste Spitze der „comes archiatrorum sacri palatii“ schwebte, eine Art medizinischen Papstes, dessen Aussprüche in allen Fragen der Heilkunde und der Sanitätspolizei als unfehlbar und entscheidend galten. Dieser vornehme Pomp war begleitet und gefolgt von einem unaufhaltsamen Rückgang der Heilkunde und ihres sachlichen Einflusses auf die allgemeine Kultur, namentlich im Abendreiche. Galen klagt, „die Aerzte seiner Zeit unterschieden sich von den Räubern nur dadurch, daß diese im Sabinergebirge, jene in Rom ihr Wesen trieben“.

Der Einfluß des Christentums auf die Heilkunde und öffentliche Gesundheitspflege war ein zweischneidiger. Dasselbe forderte größere Achtung des individuellen Daseins, machte die Kinder- und Krankenpflege sowie die Rücksichtnahme auf die Leiden der unteren Volksklassen zur Pflicht, — im Gegensatze zu der altrömischen Anschauung, wie sie sich z. B. in dem Ausspruche des älteren Cato spiegelt: „man müsse alte oder kranke Sklaven wie altes Eisen oder

unnützes Hausgeräte sich vom Leibe schaffen". Daher auch das bezeichnende Geständnis des Julianus Apostata: „Sehen wir doch, was die Feinde der Götter so stark macht: ihre Menschenliebe gegen die Fremdlinge und Armen." Andererseits aber hemmte die ascetische Richtung des jungen Christentums die wissenschaftliche Entwickelung aller Naturforschung und damit auch der Hygiene. (Die Ascetik erklärt dem Körper überhaupt grundsätzlich den Krieg; er ist ihr nur ein feindseliges Gefängnis des Geistes, alle organischen Instinkte und Triebe sind vom Bösen. Eine vernünftige Versöhnung der körperlichen und geistigen Ansprüche war bei dieser Auffassung unmöglich, da beide als Antagonisten im Prinzip erschienen.) Die Epidemien galten als Strafen Gottes u. s. w. Dieser fanatische Spiritualismus warf, wie die bildenden Künste, so auch die Naturwissenschaft weit zurück, und diese dunkle Reaktionsepoche dauerte bis zur Renaissancezeit. Selbst die einfachste Körperpflege mußte unter den Uebertreibungen der christlichen Ascetik leiden. Bei den Römern war die Hautkultur zum Gegenstand einer wahren Ueppigkeit geworden: Poppaea, Neros Gemahlin, badete nur in Eselsmilch und führte zu dem Zwecke auf Reisen 500 Eselinnen mit sich. Die frühmittelalterliche Ascetik verfiel ins entgegengesetzte Extrem.) Schon der heiligen Edilthryda (Ende des 7. Jahrhunderts) wird nachgerühmt, daß sie ihre Bäder auf die Vigilien der 3 höchsten Festtage des Jahres einschränkte; die heilige Agnes (gestorben 1077) versagte sich aus Frömmigkeit jedes Bad, und die heilige Margareta, Mutter des Königs Bela von Ungarn, wusch sich aus gleichem Grunde zuletzt gar nicht mehr. Der heilige Augustinus eiferte gegen die „prurigo thermorum", und die Nonnen des Klosters Geisenfeld erhielten einen scharfen Tadel, weil sie alle 14 Tage badeten. Im 11. Jahrhundert wurde durch päpstliche Bulle (Clemens III.) verboten, sonntags zu baden oder sich das Gesicht zu waschen. Erst durch die Kreuzfahrer wurde aus dem Orient und von Byzanz, wo damals 21 öffentliche Badeanstalten waren, die Gewohnheit regelmäßigen Badens wieder eingeführt.

Ein hygienisch verhängnisvoller Mangel an Reinlichkeit herrschte während des Mittelalters auch in den Wohnungen, welche überdies dunkel, enge, schlecht gelüftet und dicht zusammengebaut waren, sowie auf den schmalen, winkligen Straßen und Plätzen. Die Anhäufungen von kotigem Unrat wirkten um so bedenklicher, da Straßen und Plätze ungepflastert waren. Nürnberg war die erste Stadt, welche Pflasterung anlegte, im Jahre 1368, ein vielbestauntes Unternehmen, zu dessen Besichtigung der Magistrat der Stadt Köln eine Kommission nach Nürnberg entsandte. Auf den damaligen Zustand städtischer Straßen lassen polizeiliche Verfügungen schließen, wie diejenige des Mühlberger Magistrats von 1367, welche bestimmte: „Der Mist sol nit lenger auf dem Marcht ligen dann 14 Tag, darnach lenger mit Urlaub der Purger und dez Richter, pei 72 Den. Strafe." Die Toten begrub man inmitten der enggebauten Städte dicht bei einander; Kanalisation fehlte fast überall; die Anhäufung von Fäulnisstoffen verpestete die Luft, welche in den engen gewundenen Straßen und inmitten der Festungsmauern stagnierte, und verjauchte Boden und Grundwasser, welchen letzteren die Brunnenwässer als ausschließliches Trinkwasser entnommen wurden. Wasserleitungen von außen her besaßen nur ganz vereinzelte Orte; Augsburg errichtete eine solche 1412; Köln ließ die alte römische Wasserleitung, welche vortreffliches Wasser aus dem Eiffelgebirge zu-

führte, verfallen, ohne jemals Ersatz dafür zu suchen. Infolgedessen war das Trinkwasser häufiger Verbreiter der gefährlichsten Infektionskrankheiten.

Zu diesen öffentlichen Mißständen kam der schädliche Einfluß der herrschenden Unmäßigkeit in allen Beziehungen; die Chroniken unserer alten reichen Handelsstädte liefern Beispiele öffentlicher Schlemmerei, wie sie für unsere Generation kaum verständlich sind. Bei dem Zusammenwirken solcher Schädlichkeiten ist es begreiflich, daß die Sterblichkeit, besonders an Infektionskrankheiten, in den Städten eine heute nirgends gekannte Höhe erreichte, sodaß dieselben nur durch beständige Einwanderung vom Lande sich erhalten konnten. Ein Ueberwiegen der Todesfälle über die Geburtenzahl war in den Städten noch bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts die Regel, und in Berlin z. B. kehrte sich das Verhältnis erst im Anfange dieses Jahrhunderts um. Aber auch auf dem Lande war die Sterblichkeit eine weit größere als gegenwärtig, wie schon die Langsamkeit der allgemeinen Bevölkerungszunahme beweist; gegenwärtig verdoppelt sich die Bevölkerung Deutschlands in 60 Jahren. Nach allen allerdings nur indirekten Berechnungen betrug in Deutschland die mittlere Lebensdauer, welche gegenwärtig 35 bis 45 Jahre beträgt, im 16. Jahrhundert nur 18 bis 20 Jahre. In London verzeichnete man während der pestfreien Zeit von 1629—35 eine jährliche Sterblichkeit von 50 pro mille der Bevölkerung, 1660—79 (großer Pestausbruch) eine solche von 80 pro mille; 1728—80 betrug sie noch 40 pro mille; gegenwärtig zwischen 20 und 21!

Einen wohlthätig aufrüttelnden Einfluß auf die öffentliche Gesundheitspflege übten seit dem Mittelalter die großen Epidemien aus. Bei dem ersten Auftreten der Pest im Abendlande (der sog. Pest des Justinian) im 6. Jahrhundert[4] erschöpfte man sich noch in abergläubischen Maßregeln, vermehrte die Zahl der Festtage (6 Osterfeiertage), hielt Prozessionen, Kasteiungen, stiftete neue Klöster, rief besondere Heilige an, denen Kirchen und Weihgeschenke gewidmet wurden; — von Ansteckung, von Infektionsbegriffen war noch keine Rede. Als dann im 7. Jahrhundert mit dem Eintreten der Sarazenen in Spanien die Blattern zuerst auftraten, bezeichnete zwar bereits der arabische Arzt Mesae dieselben als eine „Gärung im Blute", aber von Uebertragung dieser so typisch kontagiösen Krankheit war noch keine Rede, sondern nur von kosmischen Ursachen der Luftverderbnis; Paracelsus verdächtigte namentlich den Planeten Saturn. Am gewaltigsten wurde die Zuchtrute über die hygienisch verwahrlosten Völker geschwungen durch den Verheerungszug der indischen Pest im 14. Jahrhundert, bekannt als der „schwarze Tod". Dieselbe raffte in Deutschland über 1200000 Opfer weg; Venedig verlor 100000, Florenz 50000 seiner Bürger. Nach mäßiger Schätzung starben in Europa 25—30 Millionen Menschen an der Krankheit. England verlor über die Hälfte seiner Einwohner; in London (damals mit 110000 Einw.) wurden auf einem einzigen Kirchhofe 50000 Leichen begraben. Wiederum galt die schreckliche Heimsuchung zunächst als Strafe des Himmels, dessen Zorn man durch Flagellantentum u. dergl. zu besänftigen suchte; andere schoben die Schuld auf die Juden, verbrannten dieselben zu Hunderten, bis Papst Urban VI. sie nachdrücklich in Schutz nahm; die Pariser Fakultät klagte die zu nahe Konstellation der drei größten Planeten an einem bestimmten Tage des Jahres 1345

an, und die Leipziger Fakultät wies gutachtlich nach, daß die Epidemie mit Erdbeben, Ueberschwemmungen und Heuschreckenschwärmen zusammenhänge. Nur in Italien erwachte eine verständige Methode der Beobachtung und der darauf fußenden Abwehrmaßregeln. Dieselben Beobachtungen und Reflexionen, welchen wir in des Augenzeugen Boccacio's „Decamerone" über die Verbreitung der Pest durch Ansteckung mittels Personen, ihrer Kleider u. s. w. begegnen, führten dort zuerst zu methodischen Absperr- und Beobachtungseinrichtungen für den Personenverkehr, welche man wegen ihrer Bemessung auf 40 Tage (quaranta giorni) „Quarantänen" nannte. Und in der damals auf der Höhe ihrer Blüte stehenden Republik Venedig waren es auch die wiederholten schweren Pestausbrüche, welche im 15. Jahrhundert zur ersten Errichtung eines ständigen „Gesundheitsrats" führten. Diese Behörde erweiterte ihre Zuständigkeit unter dem Drucke der unmittelbaren Seuchengefahr ohne Widerspruch mehr und mehr, erhielt vollziehende Gewalt, bildete eine Art von Gerichtshof für alle Angelegenheiten der öffentlichen Gesundheitspflege, für Krankenhäuser, Marktwesen, Lebensmittelverkauf in Läden, Kontrolle des fahrenden Volks und der Bettler wegen ansteckender Krankheiten u. s. w. Der Gesundheitsrat ordnete auch die Herstellung von Sterberegistern mit Verzeichnung der Todesursachen an. Dieser Centralbehörde in Venedig waren ähnliche Kollegien in allen Städten des venetianischen Gebiets untergeordnet. Die ganze Institution wirkte mit anerkanntem Erfolge, verlor aber allmählich an Einfluß, als die Seuchengefahr seltener wurde, und bestand später nur dem Namen nach weiter, bis sie als unbequem für die Handelsinteressen im 17. Jahrhundert aufgehoben wurde.

In Deutschland finden wir den ersten Ausdruck einer hygienischen Fürsorge von Reichs wegen in einer durch die Pestnot begründeten Verordnung des Kaisers Sigismund vom Jahre 1426, durch welche alle Reichsstädte verpflichtet wurden, besoldete Stadtärzte anzustellen, welche gegen herrschende Seuchen alles Erforderliche veranlassen sollten. Von einer mehr als vorübergehenden öffentlichen Wirksamkeit dieser Stadtärzte verlautet indes sehr wenig, ausgenommen in Nürnberg, welches sich seit dem Anfange des 16. Jahrhunderts durch seine Sorge für das öffentliche Gesundheitswesen auszeichnete und zuerst einen „Physicus" mit umfassenden Pflichten anstellte. Die öffentlichen Brauhäuser wurden unter Aufsicht gestellt, Verordnungen über Beschaffenheit von Brot, Bier, Wein und über Volksbelustigungen erlassen, und beim Ausbruche von Seuchen besondere Vorschriften über Reinhaltung von Häusern und Straßen, Behandlung der Kleider und des Bettzeugs der Kranken etc. erteilt (sog. „neue Sterbeordnung" von 1562).

Nächst Nürnberg gelangte unter den deutschen Staaten zuerst Preußen in den Besitz einer Sanitätsordnung, welche lange Zeit hindurch für die meisten anderen Staaten als Muster gelten durfte, und die mit dem ganzen straff büreaukratischen Verwaltungssystem des Landes innigst verwachsen war und noch heute ist. In gewisser Hinsicht war die Sanitätsverwaltung Preußens im vorigen Jahrhundert vollkommener organisiert als gegenwärtig. Auch hier war es die Pest, deren bedrohliches Auftreten in Oesterreich-Ungarn zu Anfang des 18. Jahrhunderts den Anstoß zu größerer hygienischer Fürsorge im allgemeinen gab und die Stiftung des „Collegium Sanitatis" (vom Volke daher lange Zeit „Pestkollegium" genannt) für das ganze

Land veranlaßte. Das bereits seit 1685 bestehende und von jenem getrennt weiter fungierende „Collegium medicum“ hatte sich mit der öffentlichen Gesundheitspflege nur insoweit beschäftigt, als die Regelung und Kontrolle des Heilwesens dahin zu rechnen ist. Das „Collegium Sanitatis“ dagegen sollte „die Aufsicht haben über dasjenige, was unsere Provinzen und Lande unter göttlicher Gnade und Obhut vor die pestilenzialische Seuche und andere ansteckende Krankheiten präserviren und schützen, wie auch das Viehsterben, so weit es möglich, abwenden könne“. Um dieselbe Zeit fangen auch die Kreisphysiker an, als örtliche Adjunkte und Berichterstatter der Medizinal- und Sanitätskollegien — anfangs nur in Städten, von der Mitte des 18. Jahrhunderts an auch auf dem Lande — eine allgemeine Institution zu werden. Sie wurden in den Städten von den Magistraten, auf dem Lande von den Kreisständen gewählt und von der Staatsregierung nach Prüfung ihrer Qualifikation bestätigt. Erst seit 1810 ist dieses Wahlrecht den Städten, seit 1812 den Kreisständen entzogen worden.

Im Jahre 1762 erhielt jede Provinz ein Sanitätskollegium, in Unterordnung unter das zum Ober-Sanitätskollegium erhobene in Berlin. Dem letzteren übertrug eine ausführliche Instruktion vom 21. Dezember 1786 die Aufsicht über alle nötigen Anstalten bei epidemischen Krankheiten und „über alles, was die Erhaltung der Gesundheit und Abwendung allgemeiner Krankheitsursachen unter Menschen und Vieh betrifft“. Zu diesem Behufe waren die Physiker verpflichtet, in allen vorkommenden Fällen an dasselbe zu berichten, und waren „die Kriegs- und Domänenkammern zur Ausführung der gutbefundenen Maßregeln angewiesen“.

Als Beginn eines entschiedenen Rückschritts darf die im Jahre 1799 stattgefundene Verschmelzung sämtlicher Sanitäts- und Medizinalkollegien miteinander betrachtet werden. Von da an begann die später mehr zunehmende Verkümmerung der Sanitätspflege als bloßen Anhängsels zur polizeilichen Kontrolle des Heilwesens und zur gerichtlich-medizinischen Thätigkeit der Medizinalbehörden. Verhängnisvoll wirkte dann die völlige Umgestaltung der Behörden durch die Verordnung vom 16. Dezember 1808, welche es als ihren Zweck aussprach, „der inneren Geschäftsverwaltung die größtmöglichste Einheit, Kraft und Regsamkeit zu geben und sie in einem obersten Punkt zusammenzufassen“. An die Stelle der selbständigen, sogar mit einer gewissen Jurisdiktion in ihrer Sphäre bekleideten „Medizinal- und Sanitätskollegien“ treten fortan medizinisch-technische Kommissionen zur bloßen konsultativen Verwendung nach dem Bedürfnis-Ermessen des Ministeriums, des Oberpräsidenten oder der Bezirksregierungen. Endlich brachte eine Kabinettsordre vom Jahre 1817 noch die wunderliche, in der Welt einzig dastehende Vereinigung der (bis dahin dem Ministerium des Innern unterstehenden) Medizinalverwaltung mit den geistlichen und Unterrichtsangelegenheiten zu einem Ministerium, und zwar zunächst mit der fast ebenso unnatürlichen Abtrennung der Sanitäts- und Medizinalpolizei — welche dem Ministerium des Innern verblieb — von der technisch-wissenschaftlichen, welche allein in das Ressort des Kultusministeriums überging. Dieser künstlichen, im praktischen Dienste ganz undurchführbaren Spaltung wurde erst durch die Kab.-Ordre vom 22. Juni 1849 ein Ende gemacht, indem die gesamte Medizinal- und Sanitätsverwal-

tung an den Minister der geistlichen etc. Angelegenheiten überwiesen wurde.

Gegenwärtig fungiert in Preußen [5] als beratende wissenschaftliche Kontrollinstanz zur Verfügung des Ministers die „wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen“ (in Bayern der „Obermedizinalausschuß“, in Sachsen das „Landesmedizinalkollegium“ u. s. w.), welche aus 11 Mitgliedern besteht, und zu deren Beratungen bei wichtigen Anlässen 12 Vertreter der provinziellen Aerztekammern zugezogen werden. Für den regelmäßigen Dienst der Medizinal- und Sanitätsverwaltung fungieren außerdem im Ministerium 5 vortragende Räte, darunter der jeweilige Chef des Armee-Sanitätswesens. Für jede Provinz besteht zur Verfügung des Oberpräsidiums ein beratendes „Provinzial-Medizinalkollegium“, dessen Pflichten und Befugnisse leider seit der im J. 1815 geschehenen Errichtung dieser Institution unklar und mangelhaft geblieben sind; für jeden Regierungsbezirk vertritt ein „Regierungs- und Medizinalrat“ die sanitären Verwaltungsfragen im Regierungskollegium, und in jedem Kreise steht dem Landrate ein „Physikus“ als beratender und auf Erfordern — nicht aus eigener Initiative — auch als exekutiver Sanitätsbeamter zur Seite.

Außer dem Physikus sollen in Städten über 5000 Einwohnern noch die sog. Sanitätskommissionen den Lokalpolizeibehörden zur Seite stehen (Regulativ vom 8. Aug. 1835). Diese technischen Ortskommissionen, denen die Aufgabe gestellt ist, behufs Verhütung und Beschränkung ansteckender Krankheiten den Polizeibehörden als ratgebende Körperschaft zur Seite zu stehen, werden zusammengesetzt aus Aerzten, Gemeindevertretern und dem zugleich den Vorsitz führenden Vorstand der Ortspolizeibehörde. Letztere kann dieselben in allen Fällen, wo sie ihrer Unterstützung oder Beratung zu bedürfen glaubt, dazu berufen, ihre Vorschläge anhören und darüber entscheiden. Insbesondere soll denselben obliegen, „über den Gesundheitszustand des Ortes oder Bezirkes, für den sie gebildet sind, zu wachen, Krankheitsursachen, z. B. öffentliche Unreinlichkeit, überfüllte Wohnungen, unreine Luft, schädliche Nahrungsmittel etc. möglichst zu entfernen, zur Belehrung des Publikums über die Erscheinungen der wichtigeren ansteckenden Krankheiten und das bei ihrem Ausbruch zu beobachtende Verfahren beizutragen“ etc. Diese auf dem Papier schön entworfene Institution hat leider sich nie zu ergiebiger Wirksamkeit gestaltet. In manchen Städten ist ihre Existenz völlig unbekannt geblieben; wo aber Sanitätskommissionen gebildet sind, da sehen dieselben sich so sehr aller initiativen Befugnisse bar, werden so selten und fast ausschließlich beim Ausbruche von Epidemien zusammengerufen und sind überdies durch den Mangel eines ärztlichen Gesundheitsbeamten so ohnmächtig gegenüber den ihnen gestellten Aufgaben, daß man ihnen ihr bedeutungsloses Stillleben nicht zum Vorwurfe machen darf. Der charakteristische und mangelhafte Zug der preußischen Sanitätsverwaltung besteht in der Abstufung von vier Instanzen sachverständiger, aber lediglich referierender Behörden, deren jede ein Anhängsel an die entsprechende Instanz der allgemeinen Polizeiverwaltung bildet und nur mit dieser sich in direkter amtlicher Beziehung erhalten darf. Dabei ist ein wirklicher Gesundheitsbeamter nicht vorhanden, weil alle Medizinalbeamten den Schwerpunkt ihrer Amtsthätigkeit in den Verrichtungen der ge-

richtlichen Medizin angewiesen erhalten, weil ferner ihnen die Befugnisse zu einer verantwortlichen Sorge für die öffentliche Gesundheit abgehen, und endlich weil sie alle vermöge ihrer überaus mangelhaften Gehaltsstellung darauf angewiesen sind, ihren Unterhalt durch Privatpraxis zu erwerben, und ihnen daher weder Zeit noch Kräfte zu einer irgendwie eingehenden hygienischen Wirksamkeit zur Verfügung bleiben.

Einen großen Fortschritt für die öffentliche Gesundheitspflege bedeutete für Preußen die seit 1875 eingeführte Verzeichnung der Todesursachen auf den Sterbefall-Zählkarten und die seitdem geschehende alljährliche Veröffentlichung einer statistischen Zusammenstellung der dadurch gewonnenen Ergebnisse nach Provinzen, Regierungsbezirken, Kreisen, sowie nach Stadt und Land, nach Geschlechtern und nach Alterskategorien. Obgleich der bisherige Mangel gesetzlicher Verpflichtung zur ärztlichen Todesursachen-Erklärung (Leichenschaugesetz!) das bezügliche Erhebungsmaterial minderwertig im Vergleiche z. B. mit dem in England und Holland gewonnenen macht, so wird doch zu manchen ätiologischen Forschungen eine sehr brauchbare Grundlage dadurch geboten, und es ist nur zu beklagen, daß die Verschiedenheit der bezüglichen Erhebungsweisen in den anderen deutschen Staaten und das bisherige gänzliche Fehlen jeglicher Todesursachen-Statistik in beiden Mecklenburg sowie in Oldenburg keine das Deutsche Reich umfassende Gesamtvergleiche ermöglichen läßt.

Unter den deutschen Mittelstaaten verdienen Bayern, Sachsen und Baden wegen ihrer verhältnismäßig regen Bemühungen, die Sanitätsverwaltung auf einen wirksamen Fuß zu bringen, besonderer Erwähnung. Obgleich sie ebenso wie Preußen sich fortdauernd in dem büreaukratischen Rahmen einer Anstellung technischer Hilfsbeamten zur bloßen Verfügung der verschiedenen politischen Behördeninstanzen bewegten, und obgleich mit der Anstellung hinreichend autorisierter örtlicher Gesundheitsbehörden bis heute kein ernstlicher Versuch gemacht ist, sind diese Staaten doch in manchen Dingen vorangegangen, welche der öffentlichen Gesundheitspflege einen fortschreitend größeren Einfluß verleihen müssen. Dahin gehören die jährlichen Veröffentlichungen[6] alles dessen, was aus amtlichen oder sonstigen Quellen in Bezug auf die Gesundheitszustände im Lande und auf die zu deren Verbesserung unternommenen Maßregeln zusammengestellt zu werden vermag. Die ersten derartigen Berichte veröffentlicht zu haben, ist das Verdienst der ehemaligen freien Stadt Frankfurt[7] gewesen, welche sich auch jetzt noch durch ihre munizipalen Einrichtungen für öffentliche Gesundheitspflege, durch Anstellung eines besoldeten städtischen Gesundheitsbeamten (des „Stadtarztes“) u. s. w. auszeichnet; unter den Mittelstaaten machte Bayern den Anfang, und Sachsen und Baden schlossen sich rühmlichst an. Die ärztliche Statistik war in den genannten Ländern früher und ist noch heute vermöge der in ihnen eingeführten gesetzlichen Leichenschau zuverlässiger begründet als in Preußen. Als weiterer Vorzug ist eine den Sanitätsbehörden daselbst eingeräumte größere Initiative bezüglich der Erforschung gesundheitsschädlicher Einflüsse öffentlicher Art und bezüglich der Stellung von Anträgen zu deren Bekämpfung anzuerkennen. Nachahmenswert würde endlich für ganz Deutschland die in Bayern seit 1862 eingeführte Trennung des sanitätsärztlichen von dem gerichtlich-medizinischen Dienste sein.

Angeregt zum Teil durch die großen Fortschritte der Gesundheitspflege in England, welche mit der Vernachlässigung dieses öffentlichen Wohlfahrtszweiges in den deutschen Staaten auffallend kontrastierte, fand für das Deutsche Reich im Jahre 1876 die Errichtung eines centralen Gesundheitsamts statt, an dessen Wirksamkeit die sachverständigen Kreise hohe Erwartungen knüpften. Dasselbe soll nach der seiner Errichtung begleitenden Denkschrift „das Reichskanzleramt sowohl in der Ausübung des ihm verfassungsgemäß zustehenden Aufsichtsrechts über die Ausführung der in den Kreis der Medizinal- und Veterinärpolizei fallenden Maßregeln, als auch in der Vorbereitung der weiter auf diesem Gebiet in Aussicht zu nehmenden Gesetzgebung unterstützen, zu diesem Zwecke von den hierfür in den einzelnen Bundesstaaten bestehenden Einrichtungen Kenntnis nehmen, die Wirkungen der im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege ergriffenen Maßnahmen beobachten und in geeigneten Fällen der Staats- und der Gemeindebehörde Auskunft erteilen, die Entwickelung der Medizinalgesetzgebung in außerdeutschen Ländern verfolgen, sowie eine genügende medizinische Statistik für Deutschland herstellen". Von einem Eingreifen in die Verwaltung der öffentlichen Gesundheitspflege in den Einzelstaaten sollte dabei ganz abgesehen werden, um Kompetenzkonflikte zwischen Reichs- und Landesbehörden zu vermeiden. Aber auch die Durchführung des vorstehenden beschränkten Programms begegnete starken partikularistischen Gegenströmungen, sodaß es nicht einmal gelungen ist, die notwendigsten Grundlagen zu einer genügenden medizinischen Statistik für Deutschland, dieser ersten Vorbedingung jeder ersprießlichen Thätigkeit einer sanitären Centralbehörde, zustande zu bringen. Die Thätigkeit des deutschen Gesundheitsamtes ist — abgesehen von den mit seinen Mitteln unternommenen wissenschaftlichen Forschungen, welche außerhalb seiner eigentlichen Aufgaben lagen — auf Berichterstattungen an das Reichskanzleramt und Beratung desselben bezüglich legislatorischer Vorlagen, z. B. des Gesetzes gegen Nahrungsmittelverfälschung, und auf die Kontrolle der Impfgesetzausführung beschränkt geblieben. Die wichtigsten Vorfragen zur Gewinnung einheitlicher Grundsätze in der öffentlichen Gesundheitspflege Deutschlands, z. B. bezüglich der Maßnahmen gegen Verunreinigung von Boden und Flüssen, gegen ungesunde Wohnungen, die Einführung obligatorischer Leichenschau und einer darauf zu begründenden gleichmäßigen Todesursachenstatistik, die gesetzliche Regelung der Schutzmaßnahmen gegen Seuchengefahren etc. harren noch ihrer Erledigung, welche auch in der Folge ohne vorherige Gewinnung größerer allgemeiner Verwaltungsbefugnisse für die Reichsbehörden kaum zu hoffen ist.

Von segensreicher Rückwirkung auf die öffentliche Gesundheitspflege in den deutschen Staaten ist die fortschreitende Vervollkommnung der sanitären Armeeorganisation besonders Preußens und Sachsens gewesen. Eine so ausgewählte unter so wohlgekannten und gleichmäßigen Einflüssen lebende Bevölkerungsgruppe wie das stehende Heer bietet die denkbar günstigste Gelegenheit zu ausgiebigen statistischen Beobachtungen über den Einfluß der verschiedensten Gesundheitsschädlichkeiten, über die Wirksamkeit der zu ihrer Abwehr angewandten Mittel, über die Bedeutsamkeit diätetischer Momente für die Gesundheit u. s. w. Die Statistik der Erkrankungen und der Todesursachen in der Armee, wie sie namentlich unter der jetzigen

Leitung der preußischen Militär-mediz.-Abteilung nach streng wissenschaftlichen Grundsätzen in mustergiltiger Weise bearbeitet und veröffentlicht wird, hat ebenso wie die sorgfältigere hygienische Ausbildung der Militärärzte und die Errichtung militärhygienischer Untersuchungsstationen an den größeren Garnisonorten neue Fundgruben des Wissens eröffnet, und aus diesem Vorgehen der Armeeverwaltung ist manche nützliche Anregung zu ähnlichen Einrichtungen im bürgerlichen Gemeinwesen hervorgegangen.

*Oesterreich* ist nach vielen und heißen Debatten seit 1870 im Besitze einer neuen „Organisation des öffentlichen Sanitätsdienstes“[8], welche insoweit einen wesentlichen Fortschritt brachte, als eine vollständige *Trennung der öffentlichen Gesundheitspflege von der gerichtlichen Medizin* im Prinzipe durchgeführt scheint, und die den politischen Behörden beigeordneten konsultativen Sanitätsbehörden fortan auch *aus eigener Initiative* Vorschläge zu machen sich erlauben dürfen. Auch ist bezüglich der *ärztlichen Statistik* die nachahmenswerte Einrichtung getroffen, daß die Ergebnisse derselben regelmäßig von dem „obersten Sanitätsrate“, welcher dem Minister des Innern als beratendes und begutachtendes Organ untergeordnet ist, zusammengestellt und geprüft, in einen Jahresbericht veröffentlicht und eventuell zum Ausgangspunkte sanitärer Anträge gemacht werden. Im übrigen besitzen auch in Oesterreich die seit 1870 neugeschaffenen Behörden (*oberster Sanitätsrat* beim Ministerium, *Landes-Sanitätsrat* bei den Landeschefs, *landesfürstliche Bezirksärzte* bei den Bezirkshauptmannschaften, *Gemeinde-Sanitätsbehörden* von noch vorbehaltener gesetzlicher Gestaltung bei den Städten mit eigenen Gemeindestatuten) alle nur eine *konsultative* Bedeutung und sind den betreffenden politischen Behörden mit der ausdrücklichen Bestimmung untergeordnet, daß sie keine anderen amtlichen Beziehungen unterhalten dürfen als mit diesen ihnen vorgesetzten Behörden. Sie wirken überhaupt nur, insofern sie von diesen — wie es im Gesetze heißt — *unmittelbar verwandt werden*, sind also ebenso wie in Preußen außer Stande gesetzt, durch Inspektionen, direkte Korrespondenzen etc. sich selbständig zu informieren. Es sind wesentlich nur referierende Büreaukommissionen, keine mit den konkreten Zuständen in lebendigem, eingreifendem Verkehre stehende technische Behörden, und ihre Wirksamkeit hängt daher — ebenso wie in Preußen und den deutschen Mittelstaaten — durchaus von dem Einsichtsgrade des vorgesetzten politischen Beamten ab.

*Italien* hat seit seiner nationalen Wiedergeburt in der öffentlichen Gesundheitspflege sehr bedeutsame Fortschritte gemacht und die Organisation derselben durch wiederholte Reformgesetze in beachtenswerter Weise vervollkommnet[9]. Das Gesetz „sulla tutela della igiene e della sanità pubblica“ vom 22. Dezember 1888, welches die wichtigsten Materien des öffentlichen Gesundheitsschutzes einschließlich des Heilwesens gesetzlich ordnet, bestimmt für die Behörden nachfolgende Organisation:

Dem Ministerium des Innern ist ein *Ober-Gesundheitsrat* (Consiglio superiore di sanità) beigeordnet, welcher aus 5 Aerzten, 2 Ingenieuren, 2 Naturforschern, 2 Chemikern, 1 Veterinärarzt, 1 Pharmaceuten, 1 Juristen und 2 Verwaltungsbeamten besteht. Diese Mitglieder werden auf Vorschlag des Ministers vom Könige ernannt, und wenig-

stens 6 derselben müssen in der Hauptstadt wohnen. Außerdem sind der Chef des Gesundheitsamts im Ministerium des Innern, die Generaldirektoren der Handelsmarine, des statistischen Amts und der Landwirtschaft, der Generalprokurator beim Appellhof der Hauptstädte und die Chefs des Armee- und Marine-Sanitätswesens Mitglieder des Obergesundheitsrats. Letzterer hat die Aufgabe, selbständig alle Vorgänge auf dem Gebiet der öffentlichen Gesundheitszustände zu beobachten und zu erforschen und das Ministerium des Innern darüber zu unterrichten, darauf bezügliche Anträge zu stellen und die vom Ministerium ihm vorgelegten Fragen gutachtlich zu beantworten. Sein Gutachten muß eingeholt werden: bezüglich aller vom Ministerium zu erlassender Verordnungen hygienischen Inhalts; über alle Prinzipienfragen, zu welchen örtliche Maßregeln Anlaß gaben; über alle öffentlichen Anlagen, welche zur Gesundheitspflege Beziehung haben, und über alle Reklamationen, welche gegen sanitäre Anordnungen der Provinzial- oder Gemeindebehörden oder gegen Uebelstände im Sanitäts- oder Hospitaldienste erhoben werden. Für jede Provinz besteht ein Provinzial-Gesundheitsrat, bestehend aus 2 Aerzten, 1 Chemiker, 1 Juristen, 1 Pharmaceuten, 1 Veterinärarzt, 1 Ingenieur und 1 Verwaltungsbeamten, welcher mit der gleichen Initiative bezüglich der öffentlichen Gesundheitsfragen in der Provinz ausgerüstet ist und welcher dem mit den laufenden Geschäften betrauten Provinzialarzte zur Seite steht. Der Aufsicht dieser sanitären Provinzialbehörde unterstehen endlich drittens die kommunalen ärztlichen Sanitätsbeamten. Jede Kommune muß einen solchen erhalten, — wenn erforderlich, d. h. wenn bis dahin kein Arzt in der Gemeinde vorhanden, unter Beihilfe der Provinz; er wird auf Vorschlag der Gemeindevertretung vom Präfekten ernannt, hat die Verpflichtung selbständiger Ueberwachung aller öffentlichen Gesundheitszustände, über welche er direkt an den Provinzialarzt berichtet, und ist in seiner Thätigkeit durch keine Abhängigkeit von örtlichen Verwaltungsbeamten gehemmt. Das Gleiche gilt von dem Provinzialarzt und dem Provinzial-Gesundheitsrate, welche direkt mit der ihnen vorgesetzten technischen Centralbehörde verkehren. Ueberdies sind die Präfekten ausdrücklich verpflichtet, alle Maßregeln, welche vom Provinzial-Gesundheitsrate für dringlich erklärt sind, unverzüglich ausführen zu lassen, ohne zuvor das Ergebnis ihrer etwaigen Remonstration dagegen bei der Ministerialbehörde abwarten zu dürfen. Diese bis jetzt in keinem anderen kontinentalen Staate den ärztlichen Gesundheitsbeamten eingeräumte Unabhängigkeit von der politischen Büreaukratie ist nicht erst durch das oben erwähnte Reformgesetz vom 21. Dezember 1888 eingeführt, sondern besteht schon seit dem Gesetze vom 20. März 1866, und sie hat sich in der Praxis namentlich während der seitdem erfahrenen Choleraheimsuchungen gut bewährt.

Im Gegensatze zu Italien hat Frankreich[10], das Land der raffiniertesten, hierarchischen Gliederung und büreaukratischen Machtvollkommenheit in allen öffentlichen Dienstzweigen, die Verwaltung der öffentlichen Gesundheitspflege den politischen Beamten überlassen. Alle administrativen Befugnisse strahlen dort einzig und allein vom Regierungscentrum aus, als dessen Delegierter der Präfekt in einer nach unten souveränen Machtvollkommenheit teils selber waltet, teils — so viel er es für gut befindet — seine Unterpräfekten und die ebenfalls von der Regierung abhängigen Maires walten läßt. Er ver-

einigt mit sämtlichen übrigen polizeilichen Funktionen auch diejenigen der Gesundheitsfürsorge und hat dabei einen von ihm selbst ernannten, von ihm selbst präsidierten und nur über die von ihm selbst vorgelegten Fragen zu konsultativer Aeußerung berechtigten „Departement-Gesundheitsrat“ zur Seite; desgleichen jeder Unterpräfekt seinen „Arrondissement-Gesundheitsrat“, und jeder Maire — soweit es dem Präfekten gefällt — seinen „Kantonal-Gesundheitsrat“. Für Paris besteht außerdem noch eine „Commission des logements insalubres“, deren Wirksamkeit als eine sehr ersprießliche geschildert wird, während unter den Departement-Gesundheitsräten nur diejenigen des Seine-, Gironde- und Somme-Departements sich durch Veröffentlichung bemerkenswerter Berichte und Gutachten, besonders über gesundheitsschädliche Industrien, hervorgethan haben. Endlich steht dem Ministerium als konsultative Kommission — ähnlich der wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen in Preußen — das „Comité consultatif d'hygiène de France“ zur Seite, dessen Wirksamkeit indes eine verhältnismäßig beschränkte ist. Die ärztliche Welt fordert in Frankreich seit Jahrzehnten eine Reform der ganzen Organisation, und zwar unter Errichtung eines besonderen Ministeriums für öffentliche Gesundheit.

Das weitaus größte Interesse bezüglich seiner hygienischen Organisation nimmt unter allen Staaten England in Anspruch, sowohl wegen des volkswüchsigen eigenartigen Ganges ihrer dortigen Entwickelung als besonders wegen der unvergleichlichen Höhe ihrer Leistungen auf fast allen Gebieten der öffentlichen Gesundheitspflege.

Bis zum 4. Decennium unseres Jahrhunderts gab es, abgesehen von den seit Heinrich VIII. bestehenden „Commissions of Sewers“, welchen die allgemeine Regulierung der Wasserläufe, Kanäle, Deiche etc. und damit auch die Reinhaltung der Flüsse, Gräben u. s. f. oblag, im britischen Reiche keine allgemeinen und ständigen Einrichtungen für die Gesundheitspflege; die Sorge für letztere wurde ausschließlich den Gemeinde- oder Pfarrvertretungen überlassen, deren Selbstherrlichkeit in allen Verwaltungs- und Polizeifragen („self-government“) mit eifersüchtigem Stolze gegen staatliche Eingriffe gewahrt wurde. Zwei mächtige Einflüsse gaben dann endlich in neuerer Zeit zu letzteren auf dem vorliegenden Gebiete Anlaß. Erstens das rasche Anwachsen der industriellen, übervölkerten und enge gebauten Städte mit den mannigfachen sich daran knüpfenden Uebelständen, deren Gesamtwirkung sich in einer starken Zunahme der Sterblichkeit besonders in den unteren arbeitenden Bevölkerungsschichten kundgab; als zweites, gewaltig aufrüttelndes Moment aber wirkte, wie dereinst die Pest, so jetzt die Cholera, welche im Jahre 1831 auch England mit furchtbarer Heftigkeit heimsuchte und die Nation zu einer genauen hygienischen Gewissenserforschung drängte. Man sah, wie die asiatische Geißel besonders solche Orte befiel, welche übervölkert, mangelhaft ventiliert und drainiert waren, oder welche an den Ufern stark verunreinigter Wasserläufe lagen, während hoch und offen gelegene, trockene Stadtteile davon verschont blieben. Damit war der Anstoß gegeben zu weitergehenden Nachforschungen über die sonstigen Folgen der Luft-, Wasser- und Bodenverunreinigung, über die sozialen Ursachen der übergroßen Sterblichkeit in den Arbeiterklassen u. s. w., — Fragen, welche in den Parlamentsverhandlungen der ersten Cholerajahre reichlich erörtert wurden, und unter deren

Einfluß im Jahre 1836 die wichtige und vorbildliche Schöpfung einer Centralbehörde für Lebensstatistik, das sogen. „Registrar General of Births, Deaths and Marriages“ zustande kam. Die Ergebnisse dieser Institution, welche alljährlich im Auszuge dem Parlamente vorgelegt und veröffentlicht wurden, entsprachen namentlich vermöge der damit verbundenen umfassenden Todesursachenstatistik bald den davon gehegten Erwartungen aufs glänzendste und haben bis zur Gegenwart bereits ein unschätzbares Material zur Aufklärung mancher der wichtigsten sanitarischen Fragen geliefert. Die Jahresberichte des ärztlichen Direktors dieses lebensstatistischen Amtes und noch mehr die 10-jährigen Gesamtberichte enthalten in dem den Tabellen beigefügten Texte eine reiche Fundgrube von Nutzanwendungen hinsichtlich der sich ergebenden Einflüsse von Boden, Wohnungsverhältnissen, Beschäftigungsweisen etc. auf die Lebensdauer. Schon der erste Bericht des „Registrar General“ im Jahre 1839 legte in einer allgemeinen Uebersicht die fortschreitende Zunahme und Ursachen der großen Sterblichkeit in den Städten dar. Gleichzeitig überreichte das im Jahre 1835 neugeschaffene „Centralarmenamt“ dem Ministerium drei ärztliche Memoranda über den beunruhigenden Gesundheitszustand der ärmeren Klasse in manchen Distrikten der Metropole. Das Parlament wählte infolgedessen ein besonderes „Committee on the health of towns“, welches im Jahre 1840 seinen Bericht dahin abgab, daß Gesetze zur besseren Kontrolle der Gebäude und der Kanäle sowie die Anstellung besonderer Ortsgesundheitsräte und Inspektoren dringendes Bedürfnis seien. In entscheidende Bewegung geriet indes die Frage erst, als im Jahre 1842 ein ausführlicher Bericht des Armenamts „über den Gesundheitszustand der arbeitenden Bevölkerung Großbritanniens“ erschien, welcher die Niedersetzung einer königlichen Untersuchungskommission veranlaßte mit dem Auftrage, den gegenwärtigen Zustand der großen Städte und starkbevölkerten Distrikte zu untersuchen und über die besten Mittel zur Beförderung und Sicherung der öffentlichen Gesundheit zu berichten. Die von dieser Untersuchungskommission während der folgenden Jahre erstatteten Berichte regten die öffentliche Meinung zu einem Eifer an, welcher die Legislatur zwang, bald zu gesetzlichen Maßregeln überzugehen, anfangs nur vereinzelten über Bauordnung, Wasserversorgung, Begräbniswesen, Anstellung von Polizeiinspektoren für gemeinschädliche Uebelstände, dann aber endlich auch zum Erlasse eines umfassenden Organisationsgesetzes, welches seitdem bis heute noch die Grundlage der englischen Sanitätsverfassung bildet: des „Gesetzes zur Beförderung der öffentlichen Gesundheit“ („Public Health Act“) vom Jahre 1848 [1 2]. Außer einer Zusammenfassung der bis dahin stückweise erlassenen Bestimmungen brachte dieses Gesetzsystem folgende neue Grundzüge:

1) Ein Centralgesundheitsamt („General Board of Health“) wurde geschaffen und mit allen Attributen einer eingreifenden administrativen Oberinstanz ausgestattet. Nicht ohne ernsten Widerstand des Partikularismus — dort vertreten durch die auf ihr „self-government“ eifersüchtigen Gemeindevertretungen — geschah diese Errichtung eines Generalamtes mit weitgehenden Befugnissen zur Maßregelung renitenter Gemeindekörper in sanitären Einrichtungsfragen; — wurde dasselbe doch sogar zur Anstellung der ihm nötig erscheinenden Zahl von „Superintendent Inspectors“ ermächtigt, welche als

Regierungskommissare die Befugnis zu eidlichen Vernehmungen, zur Einsicht in öffentliche Akte und Dokumente jeder Art, Pläne, Steuerrolle u. s. w. erhielten, und deren Berichte über örtliche Zustände dem Centralamte als Grundlagen zu seinen Aufsichtsmaßregeln dienten.

2) Die Einführung der „Public Health Act" in den einzelnen Distrikten und Ortschaften wurde von einem Staatsratsbeschlusse abhängig gemacht, welchem entweder das formelle Verlangen von mindestens $^1/_{10}$ der Steuerzahler oder der Nachweis vorhergehen mußte, daß die Sterblichkeit der betreffenden Bevölkerung im Durchschnitte der letzten 7 Jahre 23 pro mille jährlich überschritten habe.

3) Für jeden Distrikt, in welchem das Gesetz Einführung fand, wurde ein Ortsgesundheitsamt — „Local Board of Health" geschaffen, dessen Mitglieder durch alle Steuerzahler und Landeigentümer des Distriktes gewählt wurden, und welcher die Befugnis erhielt, außer anderen Beamten auch einen geprüften Arzt zum besoldeten „Officer of Health" (Gesundheitsbeamten) zu ernennen.

4) Die Ortsgesundheitsämter erhielten das wichtige Recht zur Erhebung von Steuern behufs Deckung aller derjenigen Kosten, welche durch Wasserleitungen, Kanalisationen, überhaupt durch irgend welche im Interesse der öffentlichen Gesundheit geschehenen Arbeiten veranlaßt werden.

Mit der „Public Health Act" geschah der erste Schritt zu einer definitiven Regelung der öffentlichen Gesundheitspflege im gesamten Reiche nach allgemein giltigen Grundsätzen. Einen Abschluß in dieser Richtung zu bilden, war indes das Gesetz keineswegs angethan, schon deshalb nicht, weil dasselbe nicht zu allgemeiner, sondern nur zu fakultativer Anwendung bestimmt war und seine Einführung in ländliche Gemeindedistrikte stellenweise viel zu kostspielig und eingreifend gewesen wäre. Aber auch in seiner nur fraktionellen Anwendung erregte es bezüglich der dem Centralamte eingeräumten Befugnisse großen Anstoß, und letzteres begann bald der Unpopularität zu erliegen, welche sein Kampf mit den Traditionen des englischen Kommunal- und Privatrechtes ihm notwendig auferlegen mußte. Die auch infolge zu rücksichtslosen Vorgehens immer mißliebiger gewordene Behörde wurde im Jahre 1858 aufgehoben und ihre laufenden Geschäfte dem Geheimen Staatsrat („Privy Council") überwiesen, in dessen neugeschaffenes „Medical Department of the Privy Council" auch der ganze Beamtenstab des erloschenen Amtes überging. An einen Rückzug auf den Standpunkt des self-government dachte man indes ungeachtet der begegneten Widerstände und des formell gebrachten Opfers so wenig, daß die gleichfalls im Jahre 1858 eingeführte „Local Government Act" sogar im Gegenteil der Ministerialbehörde noch viel weitergehende Befugnisse einräumte. Das letztgenannte Gesetz bezweckte vornehmlich die allgemeinere und leichtere Einführung der öffentlichen Gesundheitsakte von 1848 in städtischen und ländlichen Gemeinden, sowie eine Erweiterung der Befugnisse sanitarischer Behörden. Immer aber blieb noch die erstere eine fakultative, von Beschlüssen der Gemeindevertretung abhängige, und erst im Jahre 1872 wurde durch ein neues umfassendes Gesundheitsgesetz, die „Act to amend the Law relating to Public Health" ganz England mit Ausnahme der (in allen Verwaltungsfragen autonomen) Hauptstadt, unter Einteilung des Landes in städtische und

ländliche Sanitätsdistrikte, der Autorität vollständig und gleichmäßig organisierter Lokalbehörden unterstellt. Unmittelbar vorangegangen war dieser konsolidierenden Maßregel die Errichtung eines neuen Ministeriums für Armenwesen, öffentliche Gesundheitspflege und Ortsverwaltung durch die „Local Government Board Act" von 1871.

Dieser neuen, bis heute bestehenden Centralbehörde unterstehen alle Angelegenheiten der öffentlichen Gesundheitspflege im Reiche einschließlich der Baugesundheitspolizei, der öffentlichen Bade- und Waschanstalten, der öffentlichen Gärten und Promenadenanlagen, auch der Geburts-, Todes- und Heiratsstatistik. Alle Vorbeugungsmaßregeln gegen Krankheiten sowie das Impfwesen sind ihr unterstellt. Einen sehr wichtigen Fortschritt gewährte das neue Gesundheitsgesetz von 1872 durch die fortan für jeden Distrikt gebotene Anstellung eines ärztlichen Gesundheitsbeamten („Medical Officer of Health"), welcher als sachverständiger Mandatar einer über ihm stehenden, aus Gemeindewahlen hervorgegangenen und für alles selbst verantwortlichen Korporation, mithin als wesentlicher Träger der sanitarischen Ortsfürsorge fungiert, andererseits aber einer regelmäßigen Kontrolle durch die staatliche Centralgesundheitsbehörde untersteht. Die den ärztlichen Gesundheitsbeamten örtlich übergeordneten korporativen Sanitätsbehörden sind in städtischen Distrikten der Stadtrat oder, wo ein solches besteht, das Ortsverwaltungsamt („Local Board"), oder in den zu Meliorationszwecken eigens abgetrennten Stadtbezirken die Meliorations-Distriktvorsteher (Improvement Commissioners); in ländlichen Distrikten sind es die Armenverwaltungsräte („Boards of Guardians") der als sogen. „Unions" seit 1834 zu Armenverwaltungszwecken bestehenden größeren Gemeindeverbände, beziehungsweise die von der genannten Körperschaft dazu mit voller Befugnis gewählte Kommission, oder die Kirchspielkommission („Parochial Committee"), wenn ein einzelnes Kirchspiel einen Sanitätsdistrikt für sich allein bildet.

Die Centralbehörde hat das Recht, ihre zu dem Zwecke abgesandten Inspektoren allen Sitzungen der Distriktsbehörden beiwohnen zu lassen, Zeugenvernehmungen, Einsichtnahme in Akten, Pläne und Rechnungen, sowie Lokalinspektionen vornehmen zu lassen.

Der ärztliche Gesundheitsbeamte[13], welcher von der Distriktssanitätsbehörde unter Genehmigung der Centralbehörde gewählt wird und zu dessen Gehalt die letztere aus Staatsmitteln einen erheblichen Zuschuß gewährt (die Höhe dieser Gehaltszuschüsse beträgt jährlich mehr als 6mal so viel wie der preußische Staat bei fast anderthalbfacher Einwohnerzahl an seine sämtlichen Kreisphysiker und Kreiswundärzte zahlt!), hat die Pflicht, sich aus eigener Initiative über alle Gesundheitsschädlichkeiten innerhalb seines Distriktes fortlaufend zu unterrichten und zu diesem Zwecke regelmäßige Besichtigungen vorzunehmen. Bei dem Ausbruche einer ansteckenden oder epidemischen Krankheit gefährlicher Art muß er unaufgefordert alle näheren Umstände und Ursachen des Krankheitsausbruchs erforschen und den Exekutivbeamten diejenigen Maßregeln bezeichnen, welche ihm erforderlich scheinen, um die Weiterverbreitung zu verhüten, auch bei der Ausführung dieser Maßregeln persönlich mitwirken. Er hat die Untersuchung von Nahrungs- oder Genußmitteln, welche aus irgend welchem Grunde verdächtig sind, von ungesunder Beschaffen-

heit oder ungeeignet zur menschlichen Nahrung zu sein, persönlich vorzunehmen, eventuell deren Beschlagnahme sowie die gerichtliche Untersuchung zu veranlassen. Die Gewerbsthätigkeit innerhalb seines Distrikts hat er bezüglich gemeinschädlicher Einflüsse zu beobachten und Vorschläge über geeignete Mittel zu deren Bekämpfung zu machen. Durch regelmäßige Berichterstattung muß er sowohl die örtliche Sanitätsbehörde wie das Centralamt über seine Thätigkeit, über die Krankheits- und Sterblichkeitsverhältnisse in seinem Distrikte u. s. w. unterrichten, und jeder vom Centralamt ihm erteilten Instruktion Folge leisten.

Zur Unterstützung des ärztlichen Gesundheitsbeamten ist in jedem Sanitätsdistrikt ein nicht ärztlicher Uebelstandsinspektor („Inspector of Nuisances“) angestellt, welcher nach Weisung des ärztlichen Beamten und auch aus sich durch regelmäßig periodische wie durch gelegentlich nach Bedürfnis vorgenommene Inspektionen sich über alle Uebelstände unterrichtet erhalten muß, welche vermöge der Sanitätsgesetze eine Remedur erheischen. Er hat von Zeit zu Zeit die Verkaufsstellen von Lebensmitteln, die Schlachthäuser u. s. w. zu besichtigen, die Gegenstände darin zu untersuchen, event. zu beschlagnahmen oder bei zweifelhaftem Sachverhalt dem ärztlichen Gesundheitsbeamten darüber zu berichten, Proben von Nahrungsmitteln, Getränken oder Drogen dem amtlichen Analytiker zur Untersuchung zu übergeben u. s. w. Durch ein weiteres im Jahre 1875 erlassenes Gesundheitsgesetz [14] wurden die Befugnisse namentlich der ländlichen Ortsgesundheitsbehörden noch mehr erweitert, zugleich aber auch die Aufsichtsstellung des Centralamts verschärft. Letzteres hat nunmehr das Recht, für alle — nicht bloß, wie bis dahin, für die teilweise vom Staate salarierten — ärztlichen Gesundheitsbeamten sowohl die Anstellungs- wie Entlassungsbedingungen, die Höhe der von den Ortsbehörden zu zahlenden Gehaltsbeträge festzusetzen, auch die Pflichten dieser Beamten gegenüber ihrem Distrikt und gegenüber der Centralbehörde in allen Beziehungen vorzuschreiben. Seit dem Jahre 1872 hat sich die exekutive Thätigkeit des Centralgesundheitsamts gegenüber den Ortsbehörden fortschreitend reicher gestaltet, und findet diese Thätigkeit durch die regelmäßigen Inspektionsreisen der zu dem Zwecke von dem Centralamte ständig delegierten 7 bis 8 ärztlichen Inspektoren fortlaufend praktische Anlässe.

Eine wichtige Rolle behufs Ausführung der gesetzlichen Bestimmungen gegen Verfälschung der Nahrungsmittel und Arzneistoffe spielen endlich die seit 1872 obligatorisch in jeder Stadt und nach Erfordern des Centralamts in jedem Grafschaftsgerichtsbezirke angestellten Analytiker, über deren Qualifikation, Anstellung und Entlassung das Centralamt entscheidet, und welche dem letzteren vierteljährlich über ihre Wirksamkeit berichten müssen.

Sehr abweichend von den in sämtlichen kontinentalen Staaten bis jetzt herrschenden Grundsätzen ist in England das Verfahren gegenüber dem Personen- und Warenverkehr bei drohenden Wanderseuchen organisiert. Auf Grund reifer Erfahrungen und klarer hygienischer Grundsätze hat man dort schon seit Jahrzehnten von allen „Quarantänen“ für nicht wirklich erkrankte Personen und allen Beschränkungen des Warenverkehrs Abstand genommen, dagegen die allgemeine sanitäre Ueberwachung der Schiffe und Hafenplätze, sowie die Sorge für richtig organisierte Isolierpflege

der Erkrankten verschärft, und auf diesem Wege die unzweifelhaftesten Erfolge erzielt. Das in England geübte Verfahren ist in der Hauptsache folgendes:

Jedes in einen britischen Hafen einlaufende Schiff wird vor der Landung von dem Zollhausbeamten bestiegen, welcher den Schiffsführer darüber verhört, ob eine Person an Bord cholerakrank sei oder während der Fahrt gewesen sei. Bejahendenfalls muß das Schiff vor Anker gelegt und alle Personen an Bord gehalten werden, bis der sofort benachrichtigte ärztliche Gesundheitsbeamte den Gesundheitszustand sämtlicher Schiffsbewohner untersucht hat, was binnen 12 Stunden nach Ankunft des Schiffes geschehen muß. Findet derselbe das Schiff infiziert, so wird letzterem eine bestimmte Ankerstelle angewiesen. Die wirklich Erkrankten werden dem Isolierhospital überwiesen und ihre Kleider etc. vor ihrer Entlassung desinfiziert; die an verdächtigen Symptomen Leidenden werden an Bord des Schiffes 2 Tage lang beobachtet, nach welcher Frist sie entweder als wirklich Erkrankte dem Hospital überwiesen oder frei entlassen werden; die Gesunden endlich werden sofort entlassen und ausgeschifft, jedoch ihre Namen und Bestimmungsorte konstatiert, worauf dann die Gesundheitsbeamten der letzteren sofort benachrichtigt werden, damit sie die Ankömmlinge weiter beobachten und eventuell die erforderlichen Maßnahmen treffen. Das Schiff wird einer gründlichen Desinfektion unterzogen, alle durch Choleraentleerungen beschmutzten Gegenstände vernichtet, alsdann aber dem Ausladen und Weitertransport der Waren kein Hindernis in den Weg gelegt.

Als ein großer Fortschritt der Neuzeit darf es begrüßt werden, daß die Organisation der öffentlichen Gesundheitspflege auch den internationalen Gesichtspunkten sich anzupassen begonnen hat, wenngleich bis jetzt nur bezüglich gemeinsamer Maßregeln zur Abwehr gefährlicher Wanderseuchen. Die Erkenntnis, daß gerade die gefährlichsten unter denselben — Pest, Cholera und Gelbfieber — sich nur mittels Verschleppung auf den großen Verkehrswegen von Erdteil zu Erdteil, von Land zu Land verbreiten und niemals in einem europäischen Lande selbständig ihren Ursprung nehmen, mußte namentlich bei dem wiederholten verheerenden Auftreten der indischen Cholera das allgemeine Verlangen erwecken, dem unheimlichen periodischen Gaste seine Durchgangs- und Eingangspforten von Indien nach Europa möglichst zu verschließen. Diese Seuchenpforten werden seit der rapiden Entwickelung des direkten indisch-europäischen Dampferverkehrs durch den seit 1862 eröffneten Suezkanal und neuerdings seit der Herstellung der transkaspischen Eisenbahn weit schneller und weit massenhafter durcheilt als ehedem, und diese große Transporterleichterung hat nicht verfehlt, auch zu häufigeren Verschleppungen der Cholera nach Aegypten und nach Europa Anlaß zu geben. Schon im Juli 1865, als der Verkehr zwischen Suez und Alexandrien durch die Eisenbahn vermittelt wurde, brachten Orientdampfer unmittelbar nach einem Choleraausbruch unter den Pilgern in Mekka die Krankheit nach Marseille, von wo sie sich rasch über Südfrankreich und Spanien verbreitete, im Oktober Paris erreichte und nach der gewöhnlichen Winterpause auch Deutschland, die Niederlande, Oesterreich und Schweden heimsuchte. In gleicher Weise gelangte die Seuche wiederum im Juni 1884 vermittelst eines aus Tonkin durch den Suezkanal zurückkehrenden französischen Dampfers („Montebello") nach

Toulon, um sich von neuem über ganz Frankreich, Spanien, Italien und Oesterreich-Ungarn zu verbreiten. Im Frühjahr 1892 war es dagegen der durch die neue Eisenbahnlinie in Turkestan erleichterte Landweg von der indischen Halbinsel zum Kaspischen Meere und der Dampferverkehr auf dem letzteren, welche den Seuchenzug nach Rußland und von da nach Norddeutschland und den Niederlanden vermittelten.

Während der letzterwähnte Weg durch centralasiatische Gegenden führt, welche sich einer europäischen Einwirkung, soweit solche nicht von Rußland selbst übernommen wird, gänzlich entziehen, befinden sich die am meisten gefahrdrohenden Durchgangsstellen der Cholera im Bereiche der türkischen und der ägyptischen Landeshoheit, und da auch die Pest ihre Entstehungs- und Ausgangsstätte stets nur in diesen seit Jahrhunderten sanitär verwahrlosten Ländern des Orients hatte, so galt es vor allen Dingen, in letzteren die Bedingungen einer internationalen Abwehr gegen die asiatischen Seuchen anzustreben.

Schon vom Jahre 1840 datiert in ihren ersten Anfängen die heutige Organisation dessen, was man als internationalen Gesundheitsdienst im türkischen Reiche zu bezeichnen pflegt, und sie hat seitdem kaum eine wesentliche Verbesserung erfahren [15]. Nachdem die ottomanische Regierung im Jahre 1838 eine Reform ihrer Quarantäneeinrichtungen vorgenommen und letztere einem „oberen Gesundheitsrat" unterstellt hatte, dessen Mitglieder sämtlich türkische Unterthanen oder doch Beamte der Hohen Pforte waren, entstanden sofort auf Grund der „Kapitulationen" seitens der abendländischen Regierungen Schwierigkeiten bezüglich der Anwendung der Quarantänemaßregeln auf die fremdländische Schiffahrt. Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen, ersuchte die ottomanische Regierung die Vertreter der europäischen Mächte, der vorerwähnten Behörde Delegierte beizuordnen, welche ihre Interessen vertreten und durch ihre Zustimmung die Anwendung der Quarantänemaßregeln auf sämtliche Schiffe ermöglichen würden. Die auf Grund der damaligen Verhandlung entstandene und bis heute als „oberer Gesundheitsrat" bestehende internationale Quarantänebehörde hat folgende Zusammensetzung:

Als Präsident fungiert (meist nur nominell) der türkische Minister der auswärtigen Angelegenheiten. Von den übrigen 21 Mitgliedern vertreten 8 die Hohe Pforte, darunter 3 Aerzte; Deutschland, Oesterreich-Ungarn, England, Belgien, die Niederlande, Frankreich, Spanien, Italien, Griechenland, Rußland, Schweden-Norwegen, die Vereinigten Staaten von Nordamerika und Persien haben je einen, zusammen 13 Vertreter; unter diesen befinden sich 9 Aerzte (die Vertreter von Deutschland, Oesterreich-Ungarn, England, Niederlande, Frankreich, Spanien, Griechenland, Nordamerika und Persien). Belgien, Rußland und Schweden-Norwegen überlassen ihre Vertretung einem Dragoman, Italien einem Vicekonsul. Nur die Vertreter der türkischen Regierung beziehen Gehälter (von 12000 bis 16000 frcs.); die übrigen Mitglieder fungieren unentgeltlich im Nebenamt. Die Mehrzahl der letzteren gehört nicht der von ihnen vertretenen Nationalität an; es sind zumeist Levantiner und daher in ihren Anschauungen und Interessen den ottomanischen Kreisen näherstehend als den abendländischen, welche sie zu vertreten haben. Die Kosten dieser Behörde werden durch eine besondere Besteuerung der Schiffahrt im Roten Meere sowie der

Pilger daselbst aufgebracht. Aus der ersteren Quelle, der „Schiffssanitätssteuer“, flossen im Jahre 1889—90 34000 frcs., aus der „Pilgersteuer“ 130000 frcs., und die seit 1871 von dem Gesundheitsrate selbst ohne Einmischung des türkischen Finanzministers verwaltete Kasse hat aus diesen Einnahmen im Laufe der Zeit einen Reservefond von 2 Millionen frcs. angehäuft — eine Thatsache, welche auf einen umfangreichen Dienstbetrieb nicht schließen läßt.

Dieser internationale obere Gesundheitsrat in Konstantinopel, welcher keinerlei Einfluß auf die innere Gesundheitspflege im ottomanischen Reiche übt (diese untersteht einem besonderen Gesundheitsrate im Ministerium des Innern) und lediglich den Schutz der Landesgrenzen, namentlich Arabiens gegen Seucheneinschleppung zur Aufgabe hat, besitzt keine Pflichten und Befugnisse bezüglich Aegyptens, welches seine besondere, weiter unten zu besprechende internationale Seuchenschutzbehörde hat. Die Thätigkeit des ersteren trat in der Oeffentlichkeit zuerst hervor nach dem heftigen Choleraausbruche zu Mekka 1865, dessen Folgen für Europa den Zusammentritt der internationalen Sanitätskonferenz zu Konstantinopel im Jahre 1866 veranlaßten. Es war nicht das erstemal, daß auf diesem Wege eine Uebereinstimmung der Kulturstaaten bezüglich gemeinsamer Abwehrmaßregeln gegen Seuchengefahr angestrebt wurde. Frankreich gebührt der Ruhm, nach wiederholten und anfangs vergeblichen Bemühungen, angeregt durch die im Anfange der 40er Jahre herrschende Pestepidemie, zuerst im Jahre 1851 eine „Sanitätskonvention zur Abwehr der Pest, der Cholera und des Gelbfiebers“ herbeigeführt zu haben, und die italienischen Staaten waren nebst Portugal die ersten, welche diesem verdienstlichen Unternehmen sich anschlossen. Die Regierungen der Nordreiche, mehr beherrscht durch politische Rücksichten und damals weniger beeinflußt durch eine starke öffentliche Meinung als ihre westlichen und südlichen Nachbarn, hielten mit ihrem Beitritte zurück, und erst die erneuten schweren Heimsuchungen durch die Cholera in den Jahren 1865 und 1866 nötigten auch sie wenigstens zur Teilnahme an Beratungen über gemeinsame Schritte und Einrichtungen. Diese Beratungen, gepflogen 1866 zu Konstantinopel[16] und 1874 zu Wien[17], führten zu bedeutsamen Klärungen über die Verbreitungsbedingungen der Cholera, aber nicht zu der gehofften Uebereinstimmung bezüglich der Maßregeln gegen dieselbe, namentlich der hochwichtigen Quarantänefrage und des internationalen Berichtsdienstes. Aus eigener Initiative und auf eigene Kosten hatte Frankreich schon vor 1866 ärztliche Berichterstatter („Médecins sanitaires“) in Konstantinopel, Smyrna, Beyruth, Damascus, Alexandria und Cairo angestellt, deren Dienste zu genauerer Erforschung der im Orient herrschenden Epidemien und zu rascher, zuverlässiger Berichterstattung sich wiederholt sehr wertvoll erwiesen. Infolge der Konferenzverhandlungen zu Konstantinopel wurde auch für Persien zu Teheran ein solcher Berichtsarzt von der französischen Regierung angestellt. Zugleich erklärte man es für notwendig, daß Quarantänelazarete am Eingang des Roten Meeres zum Schutze der arabischen Wallfahrtsstädte und am Kaspischen Meere zum Schutze Südrußlands gegen die indische Cholera errichtet würden. Im übrigen gelang es weder zu Konstantinopel 1866 noch zu Wien 1874, bezüglich der internationalen Absperrmaßregeln zu Wasser und zu Lande eine Uebereinstimmung herbeizuführen. Bei

der letztgenannten Sanitätskonferenz gelang es indes, und zwar vornehmlich durch die wissenschaftliche Autorität und die energischen Darlegungen des deutschen Delegierten von Pettenkofer, die Mehrheit der Regierungen dahin zu vereinigen, daß die mit Quarantäne verbundenen Absperrmaßregeln nur gegenüber der endemischen Ursprungsstätte der Cholera (Indien) am Roten und am Kaspischen Meere aufrechtzuerhalten, und im übrigen an Stelle derselben das englische sogen. Inspektionssystem einzuführen seien. Außerdem stellte man zugleich den Antrag auf Errichtung einer ständigen internationalen Sanitätskommission mit dem Sitze in Wien, welcher Anregung leider keine Folge gegeben wurde. Auch die übrigen Vorschläge der Wiener Konferenz, obgleich von der Fachwelt mit ungeteiltem Beifall aufgenommen und obgleich von der österreichisch-ungarischen Regierung unter des Grafen Andrassy Führung warm vertreten, verschwanden im stillen Grabe so mancher philanthropischen Hoffnungen, in den Aktenschränken der hohen Diplomatie. Prinzipielle Bedenken gegen technische Centralstellen überhaupt und internationale insbesondere, Besorgnis vor mangelhafter Begrenzbarkeit ihres Arbeitsfeldes, Zweifel an der wirklichen Leistungsfähigkeit des hygienischen Wissens, noch größere Zweifel an der allseitigen politischen Geneigtheit zur Einräumung der nötigen Vollmachten, das waren die Erwägungen, welche als Motive der Ablehnung, namentlich seitens der deutschen Reichsregierung, gelegentlich nach außen verlauteten. Diese Ungunst der Kabinette vermochte indes nicht die öffentliche Bewegung zu Gunsten der Wiener Konferenzvorschläge zu entmutigen, und im Jahre 1881 gelangte denn auch wenigstens einer derselben zur Erfüllung, indem zum Schutze der Hafenplätze am Roten Meere eine Quarantäneanstalt auf der Insel Camaron mit Succursale zu Abu-Saad errichtet wurde. Die Insel Camaron liegt 150 Seemeilen nordwestlich von der Eingangsmeerenge, annähernd gegenüber Massauah, und 500 Seemeilen von Djeddah, dem Hauptzielorte der Pilgerschiffe, entfernt, ist daher vermöge ihrer Lage ebenso wie das in unmittelbarer Nähe von Djeddah gelegene Abu-Saad sehr geeignet zur Erfüllung des fraglichen Zweckes. Um so weniger gilt letzteres leider von den daselbst getroffenen Einrichtungen, über deren große Mängel die Konsularberichte einstimmig klagen. Weder für Herstellung der nötigsten örtlichen Gesundheitsbedingungen, noch für Isolierung der Erkrankten, noch endlich für Desinfektion ist Vorsorge getroffen. Bis heute befindet sich weder in Camaron noch an irgend einer der übrigen türkischen Quarantänestationen mit alleiniger Ausnahme von Klazomenes (bei Smyrna) ein Wasserdampf-Desinfektor!

Nicht viel befriedigender als in der Türkei, doch in neuester Zeit durch den britischen Einfluß verbessert ist die internationale Organisation der Choleraabwehr in Aegypten, dieser zweiten Etappe des herkömmlichen Seuchenzuges aus Indien durch die arabischen Wallfahrtsorte hindurch nach dem Abendlande. Was der „obere Gesundheitsrat" in Konstantinopel für die Türkei, das bedeutet der „See- und Quarantänegesundheitsrat", wie sein amtlicher Name lautet, in Alexandrien für Aegypten. Auch er hat nichts mit dem inneren Landessanitätswesen zu thun, welches von einem „öffentlichen Gesundheitsrat" in Cairo geleitet wird, sondern lediglich den Schutz der Landesgrenzen zur See und zu Lande gegen Seucheneinschleppung, die Ueberwachung der Quarantäneanstalten, die Anordnung der Absperrmaßregeln u. s. w.

zur Aufgabe. Zusammengesetzt ist er gegenwärtig (seit dem Vicekönigl. Dekret vom 3. Januar 1881) aus 9 ägyptischen Regierungsmitgliedern (darunter 4 Aerzte), welche indes alle teils Briten, teils von den britischen Behörden unmittelbar abhängig sind; auch der Präsident ist geborener Engländer; ferner aus 14 Delegierten der europäischen Regierungen, meist nichtärztlichen Konsulatsbeamten. Außerdem gehört ihm als Ehrenmitglied ein von der französischen Regierung angestellter „Sanitätsarzt" mit bloß beratender Stimme an. Dieser internationalen Behörde zu Alexandrien unterstehen sämtliche Quarantäneanstalten Aegyptens, und alle seine Anordnungen bezüglich der Abwehr äußerer Seuchengefahr haben exekutive Kraft. Die ägyptischen Quarantänelazarette, welche infolge der Finanznot bis zum Anfang des vorigen Jahrzehnts in ärgsten Verfall geraten waren, sind seit der britischen Occupation wesentlich verbessert und zeichnen sich gegenüber der türkischen durch zweckmäßigere Einrichtungen für Isolierung und Desinfektion aus.

Namentlich gilt dies von dem bereits im Jahre 1866 errichteten, aber erst seit 1885 sehr verbesserten Lazarett zu El Tor, welches 240 km südlich von Suez an der Westküste der Halbinsel Sinai gelegen ist und sowohl für die aus Arabien durch das Rote Meer zurückkehrenden Pilger wie für cholerainfizierte aus Indien kommende Schiffe bestimmt ist. Während noch im Jahre 1883 die deutsche Cholerakommission daselbst recht primitive Zustände vorfand[18], sind gegenwärtig, wie die Berichte des einen algerischen Pilgerzug von Mekka dorthin begleitenden ärztlichen Regierungskommissars Dr. Delorme[19] und des gleichfalls zu amtlicher Berichterstattung von der deutschen Regierung entsandten Dr. P. Kaufmann beweisen, die dortigen Einrichtungen für orientalische Verhältnisse recht befriedigend. Zwei große Steingebäude in Nähe der Landungsstelle für die Pilger dienen als Aufenthaltsräume für letztere während der in regelrechten Wasserdampfapparaten vorgenommenen Desinfektion ihrer Kleidung und Wäsche, sowie als Magazin für die zu desinfizierenden Gepäckstücke und Waren. Ständige Zeltlager von dichtem Material, für die Kranken mit Doppelschichten hergestellt, mit hinreichender Wasserversorgung und sorgfältig desinfizierten Latrinenanlagen versehen, gewähren für Kranke und Gesunde, für Aerzte, Beamte, Wärter und Wachsoldaten ein dem Klima entsprechendes Unterkommen. Die Kranken liegen je zwei in einem Zelte und genießen den für manche wohl ungewohnten Komfort vollständiger Betten. Was von ihren Effekten nicht dem strömenden Wasserdampf unterworfen werden kann, Leder, Holz u. dergl., wird mit Sublimatlösung oder Karbolsäure desinfiziert.

Auch die seit 1876 bestehende, ausschließlich für die aus Indien kommenden Reisenden bestimmte Lazarettkolonie an den sogen. Mosesquellen, 4 km südlich vom Eingange in den Suezkanal an der Ostküste des Golfs von Suez gelegen, ist in den letzten Jahren sowohl hinsichtlich der Sorge für Reinlichkeit und Komfort wie in ihren Einrichtungen für Isolierung der Kranken und für Desinfektion sehr vervollkommnet worden. Die britische Verwaltung hat am Suezkanal bewiesen, daß auch unter orientalischen Verhältnissen gute sanitäre Einrichtungen herstellbar sind. In anderer Beziehung hat sie freilich zu berechtigten Klagen Anlaß gegeben. Die Dienstordnung des „Conseil Sanitaire Maritime et Quarantenaire" in Alexandrien ist unter britischer Leitung eine solche geworden, daß sie in dieser Behörde

nicht mehr das Organ eigentlich internationaler, sondern fast ausschließlich britischer Interessen erblicken läßt. Der Präsident hat und übt die Befugnis, anstatt eine Versammlung einzuberufen, selbst bei wichtigen Anlässen von den einzelnen Mitgliedern schriftliche Meinungsäußerungen zu verlangen und nach deren Eingang selbständig zu verfügen. In einzelnen Fällen überhebt er sich auch dieser Formalität und verfügt Zuwiderhandlungen gegen die bestehenden Vorschriften, so z. B. in eklatantester Weise im Jahre 1891, als er dem von Bombay kommenden Dampfer Michigan, welcher Cholerakranke an Bord hatte und nach dem Reglement eine 7-tägige Quarantäne hätte durchmachen müssen, willkürlich die Erlaubnis zur freien Durchfahrt durch den Kanal von Suez gewährte, während er den Schiffen anderer Nationen diese Erlaubnis verweigerte!

Die offenkundige Unzulänglichkeit der bisherigen Verträge und der in der Türkei bestehenden Einrichtungen veranlaßte die italienische Regierung, durch Einladung an sämtliche europäische Staatsregierungen den nochmaligen Zusammentritt einer internationalen Sanitätskonferenz in Rom im Mai 1885 herbeizuführen, mit dem Programm, „die Beschlüsse der Wiener Konferenz von 1874 einer Revision zu unterziehen und möglichst gemeinsam praktische Maßregeln zur Bekämpfung gefährlicher Volksseuchen zu vereinbaren". Hier gelangte zur einstimmigen Annahme seitens des von der Konferenz niedergesetzten „technischen Komitees" ein von dem französischen Delegierten Proust entworfenes Reformprogramm, welches bezüglich des maritimen Schutzes gegenüber dem fernen Orient die bis dahin von England allein vertretenen Grundsätze im wesentlichen adoptierte und damit eine glückliche Wendung inaugurierte. Die für den Verkehr so sehr lästigen Beobachtungsaufenthalte am Ankunftsorte sollten möglichst entbehrlich gemacht werden durch streng kontrollierte Vorkehrungen am Abfahrtsorte (sanitäre Untersuchung!) und auf den Schiffen selbst (Anstellung eines Schiffsarztes, Einrichtungen zur Isolierpflege und zur regelrechten Desinfektion an Bord!). Alle Landquarantänen und Sanitätskordons wurden für nutzlos erklärt, dagegen eine systematische Assanierung aller Hafenorte sowie die „Inspektion" aller aus choleraverdächtigen Gegenden kommenden, den Eingang zum Roten Meere passierenden Schiffe durch international ernannte Aerzte. Festgehalten wurde dabei von der großen Mehrheit der Regierungen gegenüber dem lebhaften Widerstand Englands an der Forderung, daß alle verseuchten Schiffe, d. h. solche, welche einen oder mehrere Cholerafälle an Bord haben, 5 Tage lang behufs Ausschiffung und Beobachtung der Passagiere, Isolierung der Erkrankten, Desinfektion u. s. w. festzuhalten seien. Der Widerstand Englands, dessen Handelsflotte 80 Proz. der gesamten Schiffahrt im Kanal von Suez repräsentiert und dessen politische Stellung in Aegypten ausschlaggebend ist, vereitelte das Zustandekommen einer Konvention, bis auf Einladung der in den internationalen Einigungsbestrebungen stets vorangehenden österreichisch-ungarischen Regierung eine erneute Konferenz im Januar 1892 zu Venedig stattfand unter Vorlegung eines zwischen der letzteren und der britischen Regierung vorher vereinbarten Kompromißprogramms. Nach langen Verhandlungen während und nach dieser Konferenz gelang es endlich, die gegenwärtig zu Recht bestehende Ordnung der Dinge festzustellen, welche bezeichnend ist für die allmählich eingetretene Wandelung in den Mehrheitsanschauungen

der europäischen Regierungskreise, namentlich in den Mittelmeerstaaten, zu Gunsten der früher bekämpften britischen Grundsätze. Diese Ordnung besteht im wesentlichen aus folgenden Satzungen:

Alle aus dem Roten Meere in den Kanal von Suez einfahrenden Schiffe haben sich vor Suez einer ärztlichen Inspektion zu unterwerfen. Ergiebt diese, daß das Schiff unverdächtig (indemne) ist, so wird sofortige freie Weiterfahrt gestattet. Als verdächtig (suspect) gilt nicht mehr — wie bis dahin — jedes aus einem cholerainfizierten Hafenorte kommende Schiff, sondern nur ein solches, welches während der Fahrt, aber nicht mehr während der letzten 7 Tage, einen oder mehrere Erkrankungsfälle an Bord gehabt hat. Ein solches Schiff wird verschieden behandelt, je nachdem dasselbe einen Arzt und einen Wasserdampfdesinfektor an Bord besitzt oder nicht. Im ersteren Falle darf es den Kanal „in Quarantäne" durchfahren unter genauer Befolgung der weiter unten anzuführenden Vorschriften; im zweiten Falle darf es zum Zwecke der Desinfektion und der genaueren Untersuchung 24 Stunden lang festgehalten werden.

Als verseucht (infect) gilt jedes Schiff, auf welchem innerhalb der letzten 7 Tage ein oder mehrere Cholerafälle sich befunden, oder Neuerkrankungen an Cholera sich ereignet haben. Auch diese werden je nach dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein eines Schiffsarztes und eines regelrechten Desinfektors verschieden behandelt. Fehlen ihnen diese Attribute, so unterstehen sie den Anordnungen der ärztlichen Beamten zu Suez: alle Erkrankten werden im dortigen Isolierhospital untergebracht, der Rest der Schiffsbesatzung gleichfalls gelandet und für die Dauer von 2 bis 5 Tagen unter Beobachtung gehalten, während welcher Zeit die Desinfektion des Schiffes ausgeführt wird. Schiffe mit Arzt und Dampfdesinfektor an Bord — also alle Passagier- und Truppentransportdampfer — werden anders behandelt. Sie müssen nur die wirklich Erkrankten an Land setzen und dürfen nur 24 Stunden aufgehalten werden behufs Ausführung der Desinfektion, welche an Bord geschieht und sich nur auf diejenigen Teile des Schiffes und diejenigen Gegenstände zu erstrecken hat, die nach Erklärung des Schiffsarztes der Möglichkeit einer Infektion ausgesetzt waren. Personen an Bord, welche nach Erklärung des Schiffsarztes mit infizierten Personen oder Sachen in direkter Berührung gewesen sind („personnes suspectes"), werden entweder auf dem Schiffe oder auf einem zu beschaffenden Floß 24 Stunden bis 5 Tage lang — je nachdem der letzte Cholerafall vor 5 Tagen oder kürzere Zeit vor der Ankunft in Suez sich ereignet hat — zur Beobachtung zurückgehalten. Will der Schiffsführer nicht auf den Ablauf dieser Beobachtungszeit für die „Verdächtigen" warten, so kann er unter Zurücklassung der letzteren nach Vollzug der Desinfektion, welche höchstens 24 Stunden in Anspruch nehmen darf, sogleich durch den Suezkanal „in Quarantäne" nach einem beliebigen Hafenort, nicht bloß Englands, sondern Europas weiterfahren.

Jedes den Suezkanal „in Quarantäne" durchfahrende Schiff erhält einen Sanitätsoffizier zur Begleitung bis Port Said, welcher die Vermeidung aller Verkehrsbeziehungen zwischen Schiff und Festland zu überwachen hat. Auch in Port Said darf das Schiff weder im Hafen Aufenthalt nehmen noch auch Personen oder Waren ausladen. Die Lotsen, der Sanitätsoffizier, die Heizer, welche dort das Schiff ver-

lassen, sowie die Personen, welche behufs Versorgung mit Kohlen oder Lebensmitteln daselbst das Schiff bestiegen haben, müssen außerhalb des Hafens direkt auf einen Quarantäneponton gebracht und ihre Kleidung daselbst einer vollständigen Desinfektion unterworfen werden.

Außerdem wird über jeden Fall von Gewährung der Durchfahrt durch den Suezkanal „in Quarantäne“ sofort eine telegraphische Benachrichtigung auf Kosten des Schiffes an die Regierung des Bestimmungslandes gesandt, sodaß letztere in der Lage ist, rechtzeitig alle Vorkehrungen zur Beobachtung des Fahrzeuges und seiner Insassen bei Ankunft im Hafen zu treffen.

Diese neue Ordnung der Dinge an der wichtigsten Eingangspforte der indischen Seuche zum Abendlande ist für den allgemeinen Fortschritt der hygienischen Anschauungen auf dem europäischen Kontinent in erfreulicher Weise bezeichnend. Immer mehr finden die alten Absperrmaßregeln, welche Handel und Wandel so empfindlich stören, mit großen Kosten und geringer Schutzwirkung, nicht selten sogar mit dem Gegenteil der letzteren verbunden sind, ihren Ersatz durch verbesserte sanitäre Einrichtungen und Verfahren zu Lande und zu Wasser, welche darauf abzielen, das Zustandekommen örtlicher Verseuchung und daraus entstehender Epidemien zu verhindern. Leider wird es in absehbarer Zeit nicht möglich sein, an den anderen Durchgangsstellen der Cholera auf ihrem Zuge aus Indien nach Europa — in den Häfen des Persischen Meerbusens und des Kaspischen Meeres — gleich günstige Verhältnisse herzustellen, wie sie am Suezkanale und in Aegypten nunmehr gesichert scheinen; solange dies nicht möglich, wird die Beibehaltung strengerer Verkehrsbeschränkungen gegenüber der Einschleppungsgefahr dort unvermeidlich bleiben.

Neben der Ueberwachung der indo-europäischen Einschleppungswege wurde es seit lange als eine nicht minder dringende Aufgabe anerkannt, gleichmäßige internationale Grundsätze zur Vereinbarung zu bringen bezüglich der gegenseitigen Verkehrsüberwachung und -beschränkung bei in Europa herrschenden Seuchen. Nach den beschämenden Erlebnissen bei der jüngsten Choleraepidemie von 1892, während deren man sich in kopflosen gegenseitigen Grenzplackereien zwischen beiderseitig verseuchten Ländern überbot, war es wiederum Oesterreich-Ungarn, dessen Regierung mit Unterstützung der deutschen die Initiative ergriff zur Einberufung einer Konferenz im März 1893 zu Dresden, wo auf Grundlage eines von beiden genannten Regierungen vorbereiteten Programms im wesentlichen folgende Uebereinkunft abgeschlossen wurde:

Die Regierung des verseuchten Landes muß den übrigen Regierungen Nachricht geben, sobald sich ein Choleraherd gebildet hat. Dieser ersten Benachrichtigung müssen demnächst weitere regelmäßige Mitteilungen folgen, welche geeignet sind, die Regierungen über die Entwickelung der Epidemie auf dem Laufenden zu erhalten. Diese Mitteilungen haben mindestens wöchentlich einmal zu erfolgen.

Die Angaben über das Auftreten und die Entwickelung der Krankheit müssen so vollständig wie möglich sein. Dieselben sollen namentlich auch die zur Verhütung der Ausbreitung der Epidemie ergriffenen Maßregeln umfassen und im einzelnen die Bestimmungen aufführen, welche erlassen sind:

bezüglich der gesundheitspolizeilichen Inspektion oder der ärztlichen Untersuchung,

bezüglich der Isolierung,
bezüglich der Desinfektion,
sowie die Anordnungen für die Abfahrt der Schiffe und die Ausfuhr von Gegenständen, welche Träger des Ansteckungsstoffes sein können.

Als Voraussetzung, unter der ein Ort oder Bezirk als „verseucht“ zu gelten hat, sodaß gegen ihn mit Schutzmaßregeln vorgegangen werden darf, wird die Bildung eines Cholera herdes bezeichnet: vereinzelt bleibende Fälle dagegen sollen nicht mehr ausreichen, um einen Ort als verseucht zu behandeln. Fünf Tage nach dem letzten neuen Fall gilt der betreffende Ort wieder als rein.

Der Erlaß von Einfuhrverboten ist auf wenige, für den internationalen Handelsverkehr nahezu bedeutungslose Gegenstände eingeschränkt, nämlich auf Leibwäsche, getragene Kleider, gebrauchtes Bettzeug und solche Lumpen, welche noch nicht in der im Großhandel üblichen Weise hergerichtet und verpackt sind. Zur Vermeidung von Zweifeln ist außerdem bestimmt, daß neue Fabrikabfälle und Kunstwolle nicht unter den Begriff der Lumpen fallen. Soweit Gegenstände der vorbezeichneten Art sich im Gepäck von Reisenden oder im Umzugsgut befinden, fallen sie nicht unter das Einfuhrverbot, sondern unterliegen nur der Desinfektion. Auf Waren, welche nachweislich fünf Tage vor Ausbruch der Epidemie schon abgesandt waren, sollen die erlassenen Einfuhrbeschränkungen nicht angewendet werden. Die Anordnung einer Warenquarantäne ist nicht zulässig.

Um den Nachteilen vorzubeugen, welche vielfach durch die Desinfektionen herbeigeführt worden sind, ist ferner vorgesehen, daß für Waren — mit Ausschluß derjenigen, deren Einfuhr verboten werden kann — eine allgemeine Desinfektion nicht angeordnet werden darf; nur solche Waren sind zu desinfizieren, von denen anzunehmen ist, daß sie thatsächlich mit Choleraentleerungen beschmutzt sind. Die Desinfektion des Reisegepäcks und Umzugsguts ist eingeschränkt auf die schmutzige Wäsche, die gebrauchten Kleider etc. der aus verseuchten Bezirken kommenden Personen, soweit die fraglichen Gegenstände nach dem Urteil der örtlichen Gesundheitsbehörde als mit Choleraentleerungen beschmutzt zu erachten sind.

Der Briefpostverkehr soll von Einfuhrverboten sowie von sonstigen Beschränkungen frei bleiben; die Behandlung von Postpacketen richtet sich, je nach ihrem Inhalt, nach den für Waren im allgemeinen gegebenen Bestimmungen.

Die Durchfuhr von Waren und Gegenständen, welche Träger des Ansteckungsstoffes sein können, aus choleraverseuchten Gebieten, ist bei geeigneter Verpackung derselben zuzulassen; unter der gleichen Voraussetzung soll die Durchfuhr derartiger Gegenstände durch ein verseuchtes Gebiet für die Einfuhr in das Bestimmungsland kein Hindernis bilden.

Auch im Interesse eines ungestörten Eisenbahnverkehrs in Cholerazeiten sind Bestimmungen getroffen. Die Reisenden dürfen künftig nicht mehr Landquarantänen unterworfen, sondern nur diejenigen, welche an Cholera oder unter choleraverdächtigen Erscheinungen erkrankt sind, von der Weiterbeförderung ausgeschlossen werden. Bei Reisenden, welche aus Choleraorten kommen, ist nach ihrer Ankunft am Bestimmungsort eine fünftägige vom Tage der Abreise zu rechnende gesundheitspolizeiliche Ueberwachung zulässig. Letzterer Begriff schließt eine Internierung der Reisenden aus, gewährleistet

ihnen vielmehr, abgesehen von einer polizeilichen Meldepflicht, volle Bewegungsfreiheit.

Für den Seeverkehr stellen die Bestimmungen der Konvention einen sehr bedeutsamen Fortschritt dar, indem mit dem System der Seequarantänen gebrochen und dasselbe durch eine ärztliche Inspektion ersetzt wird, wie sie bisher schon in Großbritannien und im wesentlichen auch in Deutschland geübt wurde. Die Herkunft aus einem verseuchten Hafen bildet nach der Uebereinkunft an und für sich kein Hindernis für den freien Verkehr des Schiffes im Bestimmungshafen. Der Schwerpunkt ist vielmehr in die sanitären Verhältnisse des Schiffes selbst verlegt, indem zwischen verseuchten, verdächtigen und reinen Schiffen unterschieden wird. Nur die verseuchten Schiffe, d. h. solche, welche bei der Ankunft Cholera an Bord haben oder auf denen innerhalb der letzten sieben Tage neue Cholerafälle vorgekommen sind, unterliegen strengeren Maßregeln. Die Kranken werden ausgeschifft und isoliert, die übrigen Personen (Mannschaft und Reisende) werden, wenn möglich, gleichfalls ausgeschifft und sind einer Beobachtung für die Dauer von höchstens fünf Tagen zu unterwerfen. Außerdem sind die erforderlichen Desinfektionsmaßregeln vorzunehmen.

Verdächtige Schiffe, d. h. solche, welche Cholera an Bord gehabt haben, auf denen aber innerhalb der letzten sieben Tage kein neuer Fall vorgekommen ist, sind einer ärztlichen Besichtigung zu unterziehen; die Wäsche und Kleider der Mannschaft und der Reisenden sind zu desinfizieren, soweit die örtliche Gesundheitsbehörde es für nötig befindet; das Schiff ist mit neuem, gutem Trinkwasser zu versehen; das Bilgewasser wird nach erfolgter Desinfektion entfernt.

Reine Schiffe, welche weder im Abgangshafen, noch während der Reise Cholera an Bord gehabt haben, werden, wie auch ihr Gesundheitspaß lauten mag, ohne weiteres zum freien Verkehr zugelassen, unbeschadet einer ärztlichen Besichtigung, der für nötig befundenen Desinfektionsmaßregeln, entsprechender Behandlung des Bilgewassers und der Versorgung mit gutem Trinkwasser. Eine fünftägige gesundheitspolizeiliche Ueberwachung, welche mit Aufenthaltsbeschränkungen nicht verbunden ist, darf für Mannschaft und Reisende der verdächtigen und reinen Schiffe angeordnet werden. Die Dauer der gesundheitspolizeilichen Ueberwachung rechnet dabei bei verdächtigen Schiffen von dem Tage der Ankunft, bei reinen Schiffen von dem Zeitpunkt ihrer Abfahrt von dem verseuchten Ausgangshafen. Der Mannschaft kann bei beiden Arten von Schiffen das Anlandgehen, soweit es nicht durch den Schiffsdienst geboten ist, untersagt werden. Für gewisse Schiffe (Auswandererschiffe, Schiffe in besonders schlechtem gesundheitlichen Zustande) sind Ausnahmemaßregeln vorbehalten.

In keinem Falle darf durch die sanitätspolizeilichen Maßregeln der Warenverkehr beeinträchtigt werden. Auch verseuchte und verdächtige Schiffe können ihre Ladung ohne weiteres löschen; letztere unterliegt ausschließlich denjenigen Vorschriften, welche über den Warenverkehr im allgemeinen getroffen sind.

Durch diese internationale Konvention haben die Festlandstaaten auch hinsichtlich des innereuropäischen Verhaltens bei herrschender Cholera sich endlich den in England und Nordamerika seit Jahrzehnten giltigen Grundsätzen angeschlossen, ein Sieg der geläuterten hygienischen Erfahrungswissenschaft, welcher angesichts der in Deutschland

jetzt vorherrschenden einseitig kontagionistischen Anschauungsweise doppelt froh zu begrüßen ist. Die unter Einfluß der letzteren noch im Jahre 1883 zwischen den deutschen Bundesseestaaten vereinbarten „Vorschriften über die gesundheitspolizeiliche Ueberwachung der Seeschiffe", welche im Jahre 1892 zu verhängnisvollen, aber ganz folgerechten Repressalien gegen unsere Handelsschiffe in den Häfen des Auslands führten, sind dadurch ebenso wie die zum Teil den gleichen Stempel tragenden, noch im Jahre 1892 „vom Deutschen Reiche mit den Bundesregierungen vereinbarten" Maßregeln, dadurch endgiltig beseitigt.

Hat die internationale Solidarität des öffentlichen Gesundheitsschutzes durch die Venediger und die Dresdener Beschlüsse endlich praktische Gestalt gewonnen, so ist behufs dauernder Wirksamkeit doch ein weiterer Schritt dringend zu erhoffen. Man wird trotz aller diplomatischer Antipathien früher oder später auf den von der Wiener Konferenz 1874 so nachdrücklich begründeten und seitdem von der Fachwelt oft wiederholten Vorschlag zurückkommen müssen, eine mit umfassenden Vollmachten bekleidete ständige internationale Gesundheitsbehörde zu schaffen. Dieselbe müßte vermöge ihrer Zusammensetzung den Gesamtwillen der europäischen Mächte repräsentieren, und ihre Thätigkeit dürfte sich nicht auf die zweifelhaften Aushilfsmittel bei bereits ausgebrochenen Seuchen beschränken, sondern müßte unter Mitwirkung örtlicher, international angestellter Organe vornehmlich auf Verbesserung der ständigen Gesundheitsbedingungen an den für die Seuchenzüge wichtigsten Knotenpunkten des internationalen Verkehrs — einschließlich der heiligen Stätten des Islams — sich erstrecken. Nur wenn dies erreicht wird, darf man auf große Erfolge der internationalen Gesundheitspflege bezüglich des allgemeinen Seuchenschutzes rechnen.

1) **F. Schwimmer**, *Die ersten Anfänge der Heilkunde etc. im alten Aegypten*, *Berlin* 1876.
2) **J. P. Trusen**, *Die Sitten, Gebräuche und Krankheiten der alten Hebräer*, *Breslau* 1855.
3) **Corfield**, *A Resumé of the history of hygiene*, *London* 1870.
4) **Häser**, *Geschichte der epidem. Krankheiten*, *Jena* 1865.
5) **Wiener**, *Handbuch der med. Gesetzgebung des Deutschen Reichs und seiner Einzelstaaten*, *Stuttgart* 1886.
6) *Jahresberichte des Landesmediz.-Kollegiums über das Mediz.-Wesen im Königreich Sachsen*, *Dresden* 1869—93; *Generalberichte über die Sanit.-Verwaltung im Königreich Bayern*, *München* 1868—93; *Berichte des Obermediz.-Rats über den Zustand des Med.-Wesens in Baden*. *Karlsruhe* 1871—92.
7) *Jahresbericht über die Verwaltung des Med.-Wes. u. die öffentl. Gesundh.-Verhältnisse der Stadt Frankfurt a. M.*, *Frankfurt* 1857 *u. ff.*
8) **A. von Obentraut**, *Systemat. Lehrbuch der österreich. Sanitätsgesetze*, *Wien* 1877.
9) *Codice Sanitario, Raccolta completa di leggi etc. sulla sanità pubblica*, *Napoli* 1891.
10) **H. Napias & A. Martin**, *L'étude et les progrès de l'hygiène en France*, *Paris* 1882.
11) **Finkelnburg**, *Die öffentliche Gesundheitspflege Englands*, *Bonn* 1874.
12) **Glen**, *Public Health and Local Government Laws*, *London* 1878.
13) *A Digest of the Statutes relating to Sanitary Authorities*, *London* 1873.
14) **Finkelnburg**, *Entwickelung der Gesundheitsgesetzgebung etc. in England seit dem Jahre* 1872, *in der Deutsch. VJS. f. öff. Gespfl.* 9. *Bd.* 725 *u. ff.*
15) **Arnaud**, *Les réformes sanitaires en Orient*, *in Revue d'Hygiène t. XIV* 40.
16) **Fauvel**, *Exposé des travaux de la conférence sanitaire de Constantinople*, *Paris* 1868
17) *Procès-verbaux de la confér. sanit. internat. ouverte à Vienne le* 1. *juillet* 1874, *Wien* 1874.
18) *Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera im Jahre* 1883 *nach Aegypten und Indien entsandten Kommission*, *Berlin* 1887, 109 *u. ff.*
19) *Rapport Médical à Mons. le gouverneur de l'Algérie*, *par* **M. Delorme**, *commissaire pour le pèlerinage de la Mecque en* 1891, *Alger* 1892.

# Register.

# HYGIENE DES BODENS.

## MIT BESONDERER RÜCKSICHT AUF EPIDEMIOLOGIE UND BAUWESEN.

BEARBEITET

VON

**JOSEF VON FODOR,**

PROFESSOR DER HYGIENE AN DER KÖNIGL. UNG. UNIVERSITÄT ZU BUDAPEST, MITGLIED DER UNG. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, LL. D. (HON. C.) DER UNIVERSITÄT ZU CAMBRIDGE etc. etc.

MIT 23 ABBILDUNGEN UND 2 CURVENTAFELN.

---

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. THEODOR WEYL.**

ERSTER BAND. ERSTE ABTEILUNG.

ZWEITE LIEFERUNG.

**JENA,**

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1893.

# Inhaltsübersicht.

## Abbildungen.

# Einleitung.

Religion und Dichtung, praktische Erfahrung und Wissenschaft haben die Abhängigkeit des Menschen vom Boden erkannt. Aus Staub sind wir geworden und zu Staub sollen wir wieder werden — so lehrt die Erste; Muttererde nennt ihn die Zweite: für die Quelle aller Nahrung und allen Wohlstandes hält ihn die Dritte: und die Vierte sieht im Boden einen wirksamen Regulator der physischen Entwickelung und der Gesundheit des Menschen.

Und in der That: vollkommen berechtigt sind alle diese Zeichen einer respektvollen Verehrung für den Detritus, welcher die Oberfläche des Festlandes großenteils bedeckt und welchen wir mit der Bezeichnung Boden oder Muttererde in erster Reihe gemeint haben. Denn in diesem Boden findet alles organische Leben seinen Ursprung und nach Ablauf des Lebens sein Begräbnis, um, einem Phönix gleich, zu neuem Leben zu erwachen. Der Boden liefert uns bald direkt und noch häufiger indirekt unsere Nahrung, ihm entspringt auch unser wichtigstes Getränk, das Wasser. Desgleichen ist die Bequemlichkeit unserer Wohnungen zu großem Teil vom Boden abhängig, auf und teilweise in welchem wir unsere Häuser bauen.

Mithin ist der Boden thatsächlich die Mutter, die Gebärerin, Pflegerin und Erhalterin des Menschen, wie der Dichter sagt. Der Naturforscher aber betrachtet diese Mutter mit ganz anderen, mit realistischen Augen. Er, und insbesondere der Hygieniker, weiß recht wohl, daß es nicht immer eine gute, sondern sehr oft eine böse, herzlose Mutter ist, die ihre Kinder, die Menschen, häufig quält, verdirbt und um das Leben bringt. Die Naturwissenschaft hat mit jedes Mißverständnis ausschließender Klarheit nachgewiesen: wie der Boden, so der auf demselben lebende Mensch. Auf einem gesunden Boden ist der Mensch kräftig und blühend, auf einem ungesunden hingegen verkümmert und hinfällig. Sie hat nachgewiesen, daß die mannigfaltigen tückischen Krankheitskeime, die in der Außenwelt leben und gedeihen, und in den Körper des Menschen sich einschleichend hier auf Leben und Tod mit ihm kämpfen, häufig genug im Boden verborgen sind, ja hier gezüchtet wurden. Es ist somit eine der wichtigsten Aufgaben des Hygienikers für das Leben und die Entwickelung des Menschen, zu erforschen und klar-

zulegen, welches die förderlichen oder nachteiligen Eigenschaften des Bodens sind, worin die Ursache jener Wirkungen zu suchen ist und mit welchen Mitteln die schädlichen Einflüsse abzuwenden wären.

Es bedarf gar keiner besonders tiefsinnigen Betrachtung, um sich zu überzeugen, daß der Boden auf die Bequemlichkeit und Gesundheit der Menschen von wesentlichem Einfluß ist. Auch der Ungebildete wird die Nachteile eines feuchten Bodens an den Mauern und der modrigen Luft seiner Wohnung wahrnehmen; auch am Wasser eines in sumpfigem, schlammigem Boden gegrabenen Brunnens wird ihm die Trübung und der unangenehme Geschmack auffallen, und in dieser Richtung versteigt er sich häufig bis zu einer durch das undurchdringliche Dunkel im Boden geweckten abergläubischen Furcht vor den schädlichen Eigenschaften, die hier hausen möchten, bis zu der Voraussetzung, daß im Boden faulende, pestilentielle Substanzen vorhanden sind, die gegebenen Falles in Brunnen und Keller eindringen und einen mephitischen Geruch verbreiten [1]), — und übersieht dabei ganz, daß die eindringende Jauche offenbar bloß der natürliche Inhalt einer in Vergessenheit geratenen oder übersehenen Abtrittsgrube ist.

Aber ebenso natürlich wird auch der denkende Mensch den Ursprung und die Ursachen der rätselhaften Krankheiten, namentlich der Epidemien im Boden suchen. Es ist nämlich auffallend, daß dieselben vorwiegend an gewissen O r t e n vorherrschen, an anderen dagegen gar nicht, oder doch in milderem Grade vorkommen. Hieraus wird man natürlich folgern, daß auch die Ursache an d e m Orte haften muß, wo die Erkrankung erfolgte. An die Luft, die rasch entflieht, können die Erreger und Erhalter der Krankheit nicht gebunden sein, ebensowenig an die Nahrung oder Kleidung, die nach Individuen wechseln, oder an das Wohnhaus, welches an dem Orte der Seuche kein anderes ist, als in einer seuchenfreien Stadt. Der B o d e n und alles, was mit demselben in Verbindung steht, dies sind s p e z i e l l e und k o n s t a n t e Eigenschaften der von der Krankheit ergriffenen Oertlichkeit, hierin wird also der denkende Mensch auch den Ursprung des Uebels zu finden suchen.

Und obschon es sowohl in alten als auch in jüngeren Zeiten gelehrte Männer gab, welche die Ursachen der Seuchen im Groll der Götter, in aus dem Weltall herabgefallenen Substanzen (D e m o k r i t), im Staub der äquatorialen Winde, in der Luft u. a. m. vermuteten, so war doch auch die Ueberzeugung fortwährend rege, daß die Hauptrolle dem Boden zufällt, zumindest in der Erzeugung g e w i s s e r Epidemien. Darum genoß auch der Boden fortwährende Beachtung.

Man kann nicht bestimmt behaupten, daß die bekannte Verordnung M o s i s, wonach der Mensch seine Notdurft außerhalb des Lagers, in der Wüste in einer frisch ausgehöhlten Grube verrichten und diese nachher zugraben soll, auf hygienischen Erfahrungen und Voraussetzungen fußte: ob M o s e s dem mit menschlichen Exkrementen verunreinigten Boden Schäden für die Gesundheit beimaß, oder seine Verordnung bloß auf ästhetische Gründe basierte, oder vielleicht die Reinlichkeit von Haustieren (Katzen) für nachahmenswert hielt, welche ihre Fäkalien gleichfalls in frische Gruben verscharren. Immerhin konnte das fragliche Religionsgesetz auf den Reinlichkeitssinn der Juden und nicht minder auch auf die gesunde Beschaffenheit des

Bodens und der Luft in ihren Lagerstätten von wesentlichem Einfluß sein; denn die mit Sand bedeckten Fäkalien verloren allen üblen Geruch, konnten nicht zerstäuben und in die Luft gelangen, und die Infektion des Bodens auf einem beschränkten Raum, welche bei Völkern von minderer Reinlichkeit als die Juden in der Umgebung von Wohnplätzen vorkam und auch heute noch vorkommt, war vermieden.

Der größte Arzt des Altertums, Hippokrates, ermahnt die Aerzte, auch dem Erdreich ihre Aufmerksamkeit zu schenken. Als besonders schädlich bezeichnet er die tief und dumpf gelegenen Lokalitäten, hingegen die erhöht und warm gelegenen als gesund[2]. Herodot aber äußert sich dahin, daß kranken Orten auch kranke Menschen entstammen.

Dem erobernden, kolonisierenden Römervolk war die hygienische Bedeutung der Bodenarten und Lokalitäten sehr wohl bekannt; die neuen Ansiedler verabsäumten daher auch niemals, über die gesundheitlichen Eigenschaften der Lokalität ihre Auguren und Priester zu befragen, die ihre Meinung durch Obduktion des an den betreffenden Orten vorgefundenen oder gezüchteten Viehes, aus dem Zustand von Leber und Milz abgaben[4].

Vitruvius hat in seinem Werke über die Architektur geraten, die hygienischen Eigenschaften des Baugrundes in erster Reihe zu berücksichtigen[5]. Galen wieder hat vor den tief gelegenen, Inundationen ausgesetzten Gründen besonders gewarnt[6]. Ein verunreinigter Boden (fundus pestilens) konnte im Sinne des römischen Rechtes vom Käufer dem Verkäufer zurückgegeben werden, denn ein solcher wurde wegen Geruch und Ausdünstung für unbewohnbar gehalten (J. P. Frank). Nach Quintilian entstehen die Pestilenzen „. . . . ira Deum, aut noxio terrae halitu . . . .“ Varro[7] hat sogar die Ursache der Fieber im Boden, nämlich im Sumpfschlamm gesucht, wo, wie er meinte, winzig kleine, unsichtbare Käferchen entstünden, die in die Luft auffliegen und unbemerkt eingeatmet werden. Bischof Evagrius fand es (wie vor ihm schon Thukydides) für auffallend, daß einzelne Städte oder Stadtteile von der Pest sichtlich verschont blieben oder im Gegenteil stark ergriffen wurden, und er hebt die Beobachtung hervor, daß an manchen Orten wohl zugereiste Kranke an der Pest sterben können, die Seuche aber hier trotzdem nicht um sich greifen wird (Haeser)[8]. Der arabische Schriftsteller Ibn Batouta hebt besonders hervor, daß der „schwarze Tod“ mehrere Städte — so Maara el Nooman in Syrien, Schizour, Harsem in Mesopotamien — vollständig verschont hat (Haeser).

In der Epoche der großen Entdeckungsreisen, als man tropische Gegenden zu kolonisieren anfing, erwachte aufs neue die Erkenntnis, daß die Bodenverhältnisse für den Gesundheitszustand der neugegründeten Gemeinden von hervorragender Bedeutung sind. Lind schildert in seinem Werke über die Tropenkrankheiten die Erkennungszeichen der ungesunden Lokalitäten (mit feinem, weißem Flugsand bedeckte Stellen seien ganz besonders gefährlich), und hebt den wesentlichen Einfluß eines verunreinigten, zeitweise durchfeuchteten Bodens auf Epidemien und Pestilenzen besonders hervor. Um den Epidemien zu entgehen, hält er es für das Beste, wenn die Bewohner zu gefährlichen Zeiten den ungesunden Ort verlassen, ferner wenn sie sich aus solchen Anlässen vom Festland auf Schiffe oder Barken flüchten[9].

Petronius, der im XV. Jahrhundert schrieb, hielt die Verunreinigung des Bodens durch Kloaken und Latrinen für gesundheitsschädlich, weil der verunreinigte Boden das Wasser infiziert, und er hielt auch einen hohen

Wasserstand im Boden für schädlich, weil dadurch der Boden feucht erhalten und Nebel erzeugt wird, welcher die Stadt bedeckt [10]. J. P. Frank schreibt, daß in Wien die „Tiefer Graben" benannte, tief gelegene Gasse die ungesundeste sei. Lancisi suchte die Ursache der Malaria im tief gelegenen, verunreinigten und feuchten Boden; dagegen hielt er das Erbauen der Wohnhäuser auf erhöhten Punkten für gesund [11]. Sinclair lehrte, daß Sümpfe nur auf lehmigem Boden Malaria erzeugen; auf Torfboden komme die Malaria nicht, und auf kalkhaltigem Boden überhaupt keine Epidemie zur Entwickelung, weil die in einer septischen Säure bestehenden Infektionsstoffe durch Kalk absorbiert werden [12]. Sydenham meinte, die Epidemien „. . . . ab occulta potius et inexplicabili quadam alteratione in ipsis terrae visceribus pendent, unde aër eiusmodi effluviis contaminatur, quae humana corpora huic aut illi morbo addicunt determinantque" [13]. Alibert hat sogar einen Apparat zur Untersuchung dieser dem ausgetrockneten und dann durchfeuchteten Boden entströmenden Dämpfe in Vorschlag gebracht [14]. Linné schreibt: „. . . ubi febres intermittentes grassantur semper etiam argillam observavi . . ." [15]. Hasper beschreibt mehrere Städte, wo perniciöse Fieber vorherrschen und sucht die Ursache in der tiefen Lage, dem lehmigen und verunreinigten Boden [16]. Bartels läßt die perniciösen Fieber (Typhus, Malaria, Gelbfieber, Influenza u. a.) aus einem „miasma terrestre" entstehen, welches durch einen verunreinigten Boden erzeugt wird [17].

Die übrige einschlägige Litteratur [18] übergehe ich und lasse auch den Kropf, die Steinkrankheit und andere Leiden, deren Aetiologie auch heute noch in ein tiefes Dunkel gehüllt ist, obgleich deren Verbreitung schon von älteren Aerzten den Bodenverhältnissen zugeschrieben wurde, beiseite, will jedoch noch hervorheben, daß man die Cholera schon bei ihrem ersten Auftreten in diesem Jahrhundert aufs bestimmteste mit den Bodenverhältnissen in Verbindung brachte. Die englischen Aerzte in Indien hatten in ihren ersten, von Theorien nicht beeinflußten Diskussionen die Cholera mit den malarischen Fiebern verglichen, an welchen sie gleichfalls beobachtet hatten, daß sie zu bestimmten Zeiten gewissermaßen aus ihrer endemischen Natur herauswachsen und zu allgemeinen Epidemien, Pandemien werden [19]. Nach Eckstein nimmt in der Reihe der aus Sumpfmiasma entstandenen Krankheiten das Wechselfieber die unterste, die Cholera hingegen die höchste Stufe ein [20]. Des weiteren führt er aus, daß die epidemische Verbreitung der Cholera abhängig sei: 1) von der Lage der Ortschaften neben Flüssen, auf Moorboden, am Fuß niedriger Hügel etc.; 2) von der heißen Witterung, wenn diese mit kalten Nächten einhergeht; 3) von gewissen Gesundheitszuständen der Individualität. Zu einer epidemischen Ausbreitung der Cholera bedarf es einer gewissen Bereitschaft des Bodens; ohne diese mag die Cholera eingeschleppt werden und sie wird sich doch nicht ausbreiten.

Als ob man Pettenkofer hören würde, gerade so klingen die Erörterungen Eckstein's!

Hierauf haben Steinheim, Heilbronn, Boubée, Fourcault u. a., auf Grund von Erfahrungen aus den Epidemien in den Jahren 1832 und 1848, den Einfluß der geologischen Verhältnisse und der physikalischen Gestaltung des Bodens auf die epidemische Verbreitung der Cholera verfochten [21], während Farr, Baly und Gull und andere das Hauptgewicht nicht so sehr auf die geologischen Ver-

hältnisse, sondern darauf legten, ob die Oertlichkeit von tiefer und feuchter oder von hoher und trockener Lage ist[22].

Die vorstehend citierte Litteratur beweist, daß alle die Geistesgrößen und Aerzte, welche ihre Beobachtungen auch auf die freie Natur ausdehnten, von den ältesten Epochen bis auf unsere Tage, zu allen Zeiten dem Boden in der gesamten gesundheitlichen und physikalischen Entwickelung des Menschen, insbesondere aber in der Aetiologie der die Menschheit verheerenden Epidemien eine wichtige Rolle beilegten. „L'homme est l'expression du sol sur lequel il vit", sagt zutreffend Mayenne[23].

Die citierten Autoren haben aber hauptsächlich die geologische Formation, die Konfiguration der Oberfläche, das Material, endlich die Imbibition des Bodens mit Wasser und mit organischen Substanzen ins Auge gefaßt, jedoch in ein gründlicheres Studium der Bodenverhältnisse nicht eindringen können, weil sie das Experiment zur Feststellung der im Boden obwaltenden hygienischen Faktoren nicht herbeiriefen. So ergehen sich die aus dieser Zeit stammenden hygienischen Lehrbücher bloß in allgemeinen Phrasen über den Einfluß des Bodens auf die menschliche Gesundheit und auf Epidemien, sowie über die Art dieses Einflusses und seine Ursachen; höchstens daß sie der Geologie einige Begriffe und Kunstworte zur Bezeichnung und Benennung des gesunden und ungesunden Bodens entlehnen.

Eine neue Aera in der Bodenhygiene — wie auf dem Gesamtgebiet der Hygiene — hat erst Pettenkofer mit seinen Werken über die Cholera in Bayern im Jahre 1855[24] eröffnet, und besonders mit seinen Ausführungen auf der Cholerakonferenz zu Weimar i. J. 1867[25] das allgemeine Interesse erweckt. Von diesem Zeitpunkt an kann die moderne, experimentelle Behandlung der Bodenhygiene datiert werden. Pettenkofer und seine Schüler im hygienischen Institut der Universität München, Gleichstrebende in ganz Europa, ja sogar auf dem Schwesterkontinent in Amerika machten sich mit Eifer an die Erforschung der Bodenverhältnisse. Der örtliche und der zeitliche Verlauf der Infektionskrankheiten wurde festgestellt. Man fing an sich für die Bodentemperatur, besonders in den oberflächlichen Bodenschichten zu interessieren; der von der geologischen Formation so wenig abhängige Aggregatzustand der verschiedenen Bodenarten wurde untersucht, dann das im Boden verborgene Grundwasser und die Bewegungen dieses mobilen Bestandteiles; man trachtete auch mit dem „terrae halitus", der Grundluft genauer bekannt zu werden und wurde auf die Verunreinigung des Untergrundes durch Abortgruben aufmerksam.

Endlich ermöglichten die von R. Koch erdachten Methoden das Vordringen und das Verhalten der Mikroorganismen im Boden Schritt für Schritt zu verfolgen.

Diesen Forschungen kamen die Fortschritte der Geologie, die rege Thätigkeit auf den Gebieten der Agrikultur-Chemie und -Physik zu statten, sowie andererseits Geologen, Agrikulturchemiker und Techniker, mit den Aerzten Hand in Hand vorgehend, unsere Kenntnisse über Chemie und Physik des Erdbodens in einer

Richtung vertieften, welche auch für die Spezialfragen der Hygiene von fruchtbringender Wirkung war*).

Dies der Entwickelungsgang der heutigen Bodenhygiene.

Man darf aber nicht glauben, daß das, was wir heute von den hygienischen Verhältnissen des Bodens wissen, uns hochmütig machte oder machen dürfte. Sind wir ja doch kaum am Anfang der Erkenntnis, liegt doch noch ein ganzes Reich des Unbekannten oder zumindest Ungewissen, ein wahrhaft „dunkelster Weltteil“ vor uns. Das Hauptergebnis der bisher geleisteten Arbeit besteht nur darin, daß die Richtungen und Wege erkannt sind, auf welchen zur Erforschung des unbekannten Gebietes vorgedrungen werden muß. Der Fortschritt, den unsere Kenntnisse machten, ist immerhin ein sehr langsamer und in den letzten Jahren ein ganz besonders geringer. Die Ursache hierfür liegt allerdings klar genug. Teils eröffnete sich in anderen Richtungen ein wichtiges Forschungsgebiet, nämlich das unermeßliche Gebiet der experimentellen Bakteriologie, welches die besten Arbeitskräfte für sich in Anspruch nahm; andernteils waren die der Ausführung von Bodenstudien entgegentretenden physikalischen und finanziellen Schwierigkeiten von deprimierender Wirkung. Um erfolgreich zu sein, müssen Bodenstudien sich in einem sehr weiten Rahmen bewegen, sie müssen den Untergrund ganzer Städte und noch größerer Gebiete mit allen seinen Verhältnissen umfassen und in langwierigen mühevollen Beobachtungen bestehen. Einer solchen Arbeit ist der einzelne Forscher oder ein wissenschaftliches Institut nicht gewachsen. Daher die Schmerzensrufe und bitteren Vorwürfe der Hygieniker gegen Staat und Gesellschaft, welche für Beobachtung entlegener Weltkörper oder um ein jedes noch so launische Symptom des flüchtigen Luftkreises zu erhaschen, gigantische Institute bauen oder kostspielige Expeditionen ausrüsten, dabei aber den Erdboden unter unseren Füßen kaum der Beachtung würdigen, obschon dieser mit seinem Leben, seinen unausgesetzten Zersetzungsprozessen, seinem noch immer unbekannten „halitus“ oft ganze Generationen auf einmal hinwegrafft, den blühendsten Handel und das Eigentum gefährdet, und uns alle, die an ihn gefesselt, auf und mit ihm leben müssen, an Gesundheit und Leben bedroht.

Doch auch auf dem Gebiete der Bodenhygiene, wie auf so vielen anderen, vermag die Praxis auch ohne theoretisches Wissen Erfolge aufzuweisen. Dann hinkt die Theorie einfach nach und schmückt die praktischen Ergebnisse nachträglich mit Erklärungen, welche unseren Kausalitätstrieb befriedigen. So hat die Assanierung der Ortschaften trotz fehlender Theorie brauchbare Resultate aufzuweisen, und wenn man auf den durch die Praxis als richtig erkannten Wegen fortschreiten wird, kann man auch auf weitere Erfolge rechnen. Und wie der therapeutische Teil der medizinischen Wissenschaften durch die Semmelweiss'sche Asepsis und durch Lister's Antisepsis eine neue und mächtigere Gestalt gewann, so

*) Die Hygiene wird immerdar mit Dank der Arbeiten gedenken, mit welchen Fleck, Wollny, Nägeli, Ebermayer, Süess, Frankland, Nichols, Schloesing, Muentz, Délesse, Dehérain, Mayer u. a. die schwierigen Probleme und verborgenen Geheimnisse der Bodenhygiene zu erforschen suchten.

wird auch die Gesundheit unseres Wohnungsbodens und dadurch die öffentliche Gesundheit, durch die Pettenkofer'sche Aseptik, resp. Antiseptik neu geschaffen werden.

Ich schließe mit dem Ausspruch: Alles, was die Bodenhygiene an theoretisch Wissenschaftlichem und praktisch Nützlichem aufzuweisen hat, verdanken wir Pettenkofer, dessen klarem Geiste und rastlosem Arbeitseifer die hygienischen Geheimnisse des Bodens sich zuerst enthüllten.

Es ist nicht möglich, in eine Darlegung der modernen Bodenhygiene einzutreten, ohne vorher dem großen Verdienst eines Pettenkofer jenen Tribut zu zollen, welchen ihm alle Hygieniker entrichten, wo immer auf dem Erdenrund sie ihre Heimat haben mögen.

Und hiermit gehe ich an die spezielle Darlegung der Bodenhygiene, die in folgende Abschnitte zerfallt:

1) Konfiguration, Material und Struktur des Bodens unter den menschlichen Wohnungen.
2) Temperaturverhältnisse des Bodens.
3) Feuchtigkeitsverhältnisse und Grundwasser.
4) Grundluft.
5) Die Bodenverunreinigung und deren Zersetzungsvorgänge mit ihren Ursachen, den Bakterien; anknüpfend wird der Einfluß des Bodens auf die Gesundheitsverhältnisse erörtert. Endlich
6) unsere Kenntnisse über die Assanierung des Bodens.

Zum Schluß sollen die Methoden der hygienischen Bodenuntersuchung kurz gewürdigt werden. Wegen Ausführlicherem hierüber muß — im Sinne der prinzipiellen Bestimmungen dieses Handbuches — auf die spezielle Fachlitteratur verwiesen werden.

1) *Vergl.* **J. P. Frank**, *System einer vollständ. med. Polizei, Mannheim* (1804) 3. *Bd.* 360. 371 *u. a.*
2) Περὶ ἀέρων, ὑδάτων, τόπων, *herausgegeb. von* **Van der Linden**, *Leyden* (1855) 1. *Bd.* 328.
3) *Vgl.* **Boudin**, *Traité de géographie et de stat. méd., Paris* (1857) 1. *Bd.* 70.
4) *Vgl.* **J P Frank**, *a. a. O.* 757.
5) *De architectura, übersetzt von* **Rode**, *Berlin* (1860) 1. *Bd. Kap.* 4.
6) **Isensee**, *Gesch. d. Med.* 6. *Bd.* 1578.
7) *De re rustica* 1. *Bd.* 12.
8) *Lehrb. d. Gesch. d. Med., Jena* (1876) 3. *Bd.* 46—50.
9) *Krankheiten der Europäer in warmen Ländern. Aus dem Englischen. Riga* (1792) 149 *ff.*
10) *Vortrag von Prof.* **Langer**, *Wien. med. Rundschau* (1875) 451.
11) *De nox. palud. effluviis, Romae* (1717).
12) *Handb. d. Gesundheit, aus d. Engl. von* **Sprengel**, *Amsterdam* (1808) 49.
13) *Opera omnia, Genevae* (1757) 1. *Bd.* 22.
14) *Traité des fièvres pernicieuses intermittentes, Paris, An XII* (1804).
15) *Vgl.* **J. Ch. M. Boudin**, *Traité de geogr. et de statist. médicales* (1857) 1. *Bd.* 79.
16) *Krankheiten der Tropenländer, Leipzig* (1831) 2. *Bd.* 202.
17) *Die gesammten nervösen Fieber, Berlin* (1837) 230 *ff.*
18) *Vgl. in* **A Hirsch's** *Handb. d. hist. geogr. Pathologie, Stuttgart* (1881—83) *die reichhaltige Litteratur in den einschlägigen Kapiteln; ferner* **Boudin**, *a. a. O*; **Barker**, *On Malaria and Miasmata. London* (1863) 4; **Villermé**, *Ann. d'hyg. publ.* (1834) 351; **Fonssagrives**, *Hygiène et assainissements des villes, Paris* (1874); **Begin**, *Bull. acad. méd.* (1845) 1069; **Jacquot**, *Ann. d'hyg. publ.* (1855, 1857) *etc.*
19) *Vgl.* **Jameson**, *Report on the Epidemic cholera-morbus, Calcutta* (1820); **Annesley**,

*Treatise on the Epidemic cholera of India, London* (1829). *Insbesondere s. die erste Cholera-Litteratur im Auszug bei* **Marx**, *Die Erkenntnis des Verhaltens und Heilv. d. ansteckenden Cholera, Karlsruhe* (1831); *desgl.* **A. Hirsch**, *op. s. cit.*

20) *Die epidemische Cholera beobachtet in Pest, Pest u. Leipzig* (1832).

21) *S. die Litteratur ausführlicher bei* **Fodor**, *Hygien. Untersuchg. über Luft, Boden und Wasser, Braunschweig* (1881—82), 2. *Bd.* 9 *u. ff.*

22) *Registrar General's Report on the Mortality of the Cholera* 1848/49. — *Report of the Committee for Scient. Inqu.* (1855).

23) *Elem. de statist. méd., Bruxelles* (1859).

24) *Untersuchungen und Beobachtungen über die Verbreitungsart der Cholera, München* (1855); *ferner: Hauptbericht über die Verbreitungsart der Choleraepidemie des Jahres* 1854, *München* (1857).

25) *Verhandlungen der Cholerakonferenz in Weimar* (1867), *München, Oldenbourg.*

ERSTES KAPITEL.

# Die Struktur des Bodens.

## 1. Geologische und hygienische Beurteilung des Bodens.

Wie die Gesamtmedizin die Methoden und Errungenschaften der Chemie und Physik einfach zu übernehmen und zum Aufbau der eigenen Disziplin zu verwerten bestrebt war, so benützte auch die Hygiene bei der Feststellung der hygienischen Eigenschaften des Bodens die Systeme und Klassifikationen der Geologie. Infolgedessen wurde in einem verseuchten Orte das hauptsächliche Augenmerk auf die Bestimmung der geologischen Formation gerichtet und aus dem Ergebnis auf die hygienische Wirkung der gefundenen Formation gefolgert. So war dann zu lesen, daß die Cholera auf dem Alluvial- und Tertiärboden vorherrschend, dagegen auf älteren Formationen, auf mittlerem und oberem Sandstein selten —, daß ein vulkanischer Boden gegen Kropf immun, der Thonschiefer hingegen dazu disponiert sei[1].

Die Erfahrung hat dieses Vorgehen alsbald als irrtümlich und unrichtig erwiesen. Die Geologie trachtet nämlich festzustellen, in welcher zeitlichen Folge gewisse Schichten der Erdkruste zustande gekommen und wie dieselben hinsichtlich der Bildungsart untereinander übereinstimmen oder verschieden sind. In beiden Hinsichten klassifiziert die Geologie auf Grund der Vergangenheit, des Ursprungs und der Entstehung, wobei der heutige Zustand, namentlich aber Material und Aggregatzustand der Erdkruste außer acht gelassen werden. Demgegenüber ist für die Hygiene dasjenige von Interesse, was im Boden lebt, sich verändert oder zur Veränderung den Anstoß giebt, also in erster Reihe die Verunreinigung, resp. die Möglichkeit, verunreinigt oder mit Schmutz imprägniert zu werden, ferner das wechselnde Verhalten des Bodens zum Wasser, zur Luft und zur Wärme. In dieser Hinsicht aber können aus der Formation des Bodens keinerlei Aufschlüsse gezogen werden, da alle diese Verhältnisse nur sehr entfernt miteinander zusammenhängen oder übereinstimmen, daher sind auch die geologischen Systeme und Formationen in der Hygiene nur mit geringem Nutzen verwertbar.

Bessere Aufschlüsse lassen sich für die Erkenntnis jener hygienischen Faktoren aus der petrographischen Untersuchung und

Beschreibung der Erdkruste gewinnen, da hier Material und Struktur der die Erdkruste bildenden Gesteine Berücksichtigung finden.

Im petrographischen Charakter kommt schon die derzeitige Konfiguration, das Material und die Struktur der Bodenoberfläche zum Ausdruck, obschon auch diese nicht streng und konsequent. So werden die Massengesteinsböden (Granit-, Trachytböden u. a.) wohl allgemein eine hügelige, wellige, minder zerklüftete Oberfläche, sowie eine kompakte und undurchlässige Struktur, die Schichtgesteine hingegen im großen Ganzen eine mehr zerklüftete, unebene Oberfläche, mit rasch wechselnder Struktur, Permeabilität, Neigung etc. anzeigen. Doch kann, wie bekannt, z. B. der Granit durch Spaltbildung und Verwitterung Partien von verschiedener Festigkeit und Durchlässigkeit auch an nahe zu einander gelegenen Stellen aufweisen, während andererseits mehrere plastische Schichtgesteine, wie z. B. die Thonschiefer, einen aus Granit bestehenden Untergrund sowohl an Elevation der Oberfläche, als an innerer Festigkeit und Undurchlässigkeit übertreffen können; es mag sogar jener zerklüftete und verwitterte Granitboden an einzelnen beschränkteren Stellen hinsichtlich der in hygienischer Beziehung gerade wichtigsten Eigenschaften selbst von dem einfachsten Lehmboden übertroffen werden.

So wird es verständlich, daß man beim Studium und bei der Beurtheilung hygienischer Eigenschaften des Bodens sich nicht mit der Konstatierung der geologischen oder petrographischen Formationen allein begnügen darf. Die Hygiene durchmustert vielmehr alle verschiedenen Bodenarten und bodenbildenden Gesteine der Reihe nach und prüft dieselben auf die in hygienischer Beziehung wichtigen Eigenschaften, nämlich auf die Permeabilität für Wasser, Schmutz und Luft, dann auf ihr weiteres Verhalten gegen diese Stoffe und gegen Wärme. Sie übernimmt wohl von der Geologie die Benennung und Klassifikation der bodenbildenden Gesteine und Bodenarten, ist aber auch selbst bestrebt, deren „hygienische“ Eigenschaften festzustellen.

## 2. Klassifikation der Bodenarten.

Die Erdkruste besteht vorwiegend nur aus wenigen *Elementen* und deren *Verbindungen*. Folgende ihrer Häufigkeit nach geordnete 16 Elemente bilden 99 Proz. der Erdkruste[2]:

| Metalloide | Metalle |
|---|---|
| Sauerstoff (O) | Aluminium (Al) |
| Silicium (Si) | Calcium (Ca) |
| Kohlenstoff (C) | Magnesium (Mg) |
| Schwefel (S) | Kalium (K) |
| Wasserstoff (H) | Natrium (Na) |
| Chlor (Cl) | Eisen (Fe) |
| Phosphor (P) | Mangan (Mn) |
| Fluor (Fl) | Baryum (Ba) |

Die genannten Elemente kommen als *Mineralbildner* entweder als solche (wie Schwefel, Kohle), oder hauptsächlich in folgenden *Verbindungen* vor:

*Kieselsäure* (rein aus Quarz) und die Verbindungen der Kieselsäure mit Thonerde, Kalk, Magnesia, Kali, Eisen;

Kohlensäure in Verbindung mit Kalk, Magnesia, Eisen;
Schwefelsäure in Verbindung mit Kalk;
Chlor als Chlornatrium;
Phosphorsäure in Verbindung mit Kalk;

Aus den gedachten Mineralbildnern und deren Verbindungen gehen bodenbildende Mineralien hervor; die wichtigsten sind, mit den einfachen Mineralien beginnend, die folgenden:

1) Graphit, reiner Kohlenstoff, häufig verunreinigt. Bildet selten Gesteine von großer Ausdehnung.

2) Schwefel. In Verbindung mit Vulkanen.

3) Steinsalz, in ganz reinen Massen (Staßfurt, Wieliczka, Maros-Ujvár, Mármaros) oder mit anderen Gesteinen (Thon) vermengt, wo dann das Salz durch Auslaugen gewonnen wird (Hall, Reichenhall, Sóvár).

4) Pyrit, Schwefelkies, Doppelschwefeleisen.

5) Markosit, nur durch die Art der Krystallisation von Pyrit verschieden.

6) Limonit, Brauneisenstein, Eisenoxydhydrat.

7) Magnetit, Eisenoxyduloxyd.

8) Quarz, mit äusserst zahlreichen Spielarten: Bergkrystall, Amethyst, Achat u. s. w.

9) Opal, Siliciumbioxyd mit etwas Wasser.

10) Kaolin, Aluminiumhydrosilikat. Bildet die Thone.

11) Orthoklas, Kaliumfeldspat (Monoklin).

12) Plagioklas, Natrium-Calciumfeldspat (Triklin).

13—14) Leucit und Nephelin, Kalium- und Natriumsilikat.

15) Glimmer, in elastische Lamellen spaltbare Silikate. Muskowit oder Kaliumglimmer, weißlich, Biotit oder Magnesiumglimmer, dunkel u. s. w.

16) Turmalin, dunkel gefärbtes, kompliziert zusammengesetztes Silikat.

17—18) Granat und Epidot, rot und grün gefärbte Silikate.

19) Chlorite, glimmerähnliche, wasserhaltige Silikate von Magnesium, Eisen, Aluminium.

20—21) Amphibole oder Hornblenden, Augite oder Pyroxene, Kalk-, Magnesiasilikate, oft mit Eisenoxyd und Thonerde, ohne Wasser.

22—24) Olivin oder Peridot, harte, olivengrüne, eisenhaltige, Serpentin, schwärzliche, dunkelgrüne, Talk, grünlich-weisse, weiche, leicht spaltbare ähnliche Silikate des Magnesiums, mit Wasser.

25) Calcit, Kalkspat, Kalkkarbonat.

26) Dolomit, Bitterspat, Kalk-Magnesiakarbonat.

27—28) Gips und Anhydrit, wasserhaltiges resp. wasserfreies Calciumsulfat.

Aus diesen wenigen Mineralien oder Gesteinbildnern sind hauptsächlich die die Erdrinde bildenden Gesteine und Gesteinstrümmer zusammengesetzt.

Von den zahlreichen Systemen, in welchen die Gesteine und die Gesteinstrümmer von den Geologen angeordnet werden, sei im Folgenden zunächst das von Credner befolgte angeführt.

I. Einfache Gesteine: Eis, Chlorid-, Nitratgesteine (Steinsalz, Salpeter), Sulfatgesteine (Gips), Phosphatgesteine, Karbonatgesteine (Kalkstein, Dolomit, Spateisenstein), Kieselgesteine (Quarz, Quarzitschiefer, Quarzsandstein), Silikatgesteine (Schiefer, Serpentin), oxydische

Erzgesteine (Braun-, Rot-, Magneteisenstein), Kohlengesteine (Torf, Kohle, Graphit, Asphalt, Petroleum).

II. Gemengte kristalline Gesteine und zwar: a) massige Gesteine (Granit, Granitporphyr (Quarzporphyr (Felsitp.), Syenit, Trachyt, Nephelinsyenit, Diorit, Gabbro, Diabas, Basalte, Olivingesteine); b) geschichtete Gesteine (Gneiß, Glimmerschiefer u. s. w.).

III. Trümmer- (klastische) Gesteine und zwar: a) lose Haufwerke (Sand, Kies, Gerölle, vulkanische Asche); b) Sandsteine, Konglomerate, Breccien; c) Thongesteine (Kaolin, Thon, Lehm, Löß, Mergel, Schiefer, Thonschiefer); d) Tuffe.

Vielleicht noch übersichtlicher ist das folgende System, welches auch ich als Grundlage für die eingehendere Beschreibung der Gesteine gewählt habe, weil es von Hygienikern (wie Soyka u. A.) und von hygienischen Lehrbüchern bevorzugt zu werden pflegt.

Die Gesteine sind: I. Massengesteine, II. Schichtgesteine.

## I. Massengesteine.

Massige, ungeschichtete Gesteine, vulkanischen Ursprungs. Struktur krystallinisch, körnig oder glasig. Hart, impermeabel, jedoch an der Oberfläche und längs der Spaltungen (Lithoklase) der Verwitterung sehr unterworfen. Selten in größerer Flächenausdehnung. Oberfläche meist bergig.

1) Granit-Porphyrfamilie (Granit, Syenit, Felsit- oder Quarzporphyr, Porphyrit u. s. w.). Plutonische, altvulkanische Gesteine. Bestehen aus krystallinisch körnigen Gemengen von Quarz, Feldspat und Glimmer. Kieselsäure 70—80 Proz.

2) Grünsteinfamilie (Diorit, Diabas, Gabbro, Augitporphyr, Melaphyr u. s. w.). Plutonische Gesteine. Quarz, Feldspat (Plagioklas) mit Hornblende oder Augit. Kieselsäure 45—70 Proz.

3) Trachytfamilie (Quarztrachyt oder Rhyolith, Trachyt, Andesit, Propylit, Trachytpechstein oder Perlit, Bimstein u. s. w.). Neuvulkanische oder Lavengesteine. Von granitähnlicher chemischer Zusammensetzung, jedoch mit körniger Struktur oder glasig. Kieselsäure 65—80 Proz.

4) Basaltfamilie (Feldspatbasalt, Nephelinbasalt, Leucinbasalt, Limburgit. Trapp. — Dolerit = großkörniger, Anamesit = kleinkörniger Basalt). Lavengesteine. Bestehen aus Augit, Plagioklas, Olivin u. a. Kieselsäure 40—50 Proz.

5) Serpentingesteine, Olivingesteine u. s. w.

## II. Schichtgesteine.

Sind Ablagerungen, oft von großer Flächenausdehnung und Mächtigkeit. Oberflächen-Formation, Struktur sehr variabel. Sie werden eingeteilt: a) in nichtklastische Schichtgesteine, mit einheitlicher oder gemengter Mineralsubstanz, und b) in klastische Schichtgesteine: Substanz aus Gesteinstrümmern.

### a) Nichtklastische Schichtgesteine.

**Einfache** nichtklastische Schichtgesteine, **aus einer** Mineralsubstanz geschichtet:

Eis, Steinsalz, Salpeter, Phosphorit, Eisensteine, Kieselgesteine, Quarcit, Q.-Schiefer, Graphit, Kohle, Torf, Bitumen, Petroleum u. s. w.

Kalkstein; kohlensaurer Kalk, Kalkspat. — Körnig = Marmor; dicht = gemeiner Kalkstein. Härte 3. Mit dem Federmesser ritzbar. Mit kalter Salzsäure stark aufbrausend und darin löslich. Oft mit Thon verunreinigt. Kreide, Korallenkalk, Kalktuff oder Travertin (Quellenablagerung) u. s. w. — Permeabilität äußerst variabel.

Dolomit, kohlensaurer Kalk (54,3 Proz.) und kohlensaure Magnesia (45,6 Proz.). Härte etwas größer als die des Kalksteines. In kalter Salzsäure schwach aufbrausend und schwer löslich, in warmer stark aufbrausend und leicht löslich. — Permeabilität meistens gering.

Gips und Anhydrit, schwefelsaurer Kalk. Gips mit dem Nagel ritzbar; Härte 1,5—2; Anhydrit bedeutend härter (3—3,5). Mit Säure nicht aufbrausend. In 400 Teilen kaltem Wasser löslich. In der wässerigen Lösung Schwefelsäure mit Chlorbaryum nachzuweisen. Alabaster.

Schwerspat, Baryumsulfat.

**Zusammengesetzte** (gemengte) nichtklastische Schichtgesteine, ein Gemenge **mehrerer** Mineralien, geschichtet. Die Mineralbestandteile (mit Lupe) mehr oder weniger erkennbar.

Gneiß, — besteht aus denselben Mineralien wie Granit, nur sind diese in Lagen, schieferig angeordnet. Muscovitgneiß, Biotitgneiß u. s. w.

Glimmerschiefer, — Quarz und Glimmer, oft mit Granaten. Diabas-, Gabbroschiefer u. s. w.

Thonglimmerschiefer, Phillite, glimmerige Thongesteine, in welchen die Bestandteile mit Auge oder Loupe kaum mehr erkennbar.

Granulit, Pyroxengranulit, Trappgranulit, Hälleflinta, Porphyroid-, Turmalinschiefer u. s. w. Die zusammengesetzten krystallinischen Schiefergesteine sind bezüglich ihrer Oberflächenformation, Struktur, Härte, Impermeabilität u. s. w. oft den Massengesteinen ganz ähnlich.

### b) Klastische Schichtgesteine.

Sie bestehen aus der Wiederablagerung von Trümmern mechanisch zerkleinerter, verwitterter und zersetzter älterer Gesteine. Sie sind bald nur lose aufeinandergehäuft oder auch mehr oder weniger cementiert.

1) Vulkanische Trümmergesteine: verkittete und lose Gesteinstrümmer vulkanischen Ursprungs; vulkanischer Sand, Asche, Rapilli, vulkanische Tuffe, Traß u. s. w. — Meistens porös und permeabel.

2) Durch Wasser gerollte (neptunische) Trümmergesteine, — und zwar:

**Verkittete:** Psephyte = verkitteter Schotter, — Breccie, aus eckigen Fragmenten, Konglomerat, Nagelfluh aus abgerundeten Fragmenten zusammengesetzt. — Gewöhnlich permeabel.

Psammite = zusammengekitteter Sand, Sandstein; Arkose (Feldspatsandstein), Grauwacke, Sandstein (thoniger, mergeliger, kalkiger S.). — Permeabel.

Pelite = erhärteter Schlamm. (Schieferthon, Thonschiefer:

Dachschiefer, Griffelschiefer, Wetzschiefer). — Wenig oder gar nicht permeabel.

**Nicht verkittete:** Schotter, Gerölle, nicht verkittete, großkörnige, durch Wasser gerollte Gesteinstrümmer. (Quarzschotter, Trachytschotter, Kalkschotter u. s. w.).

Thon, Letten = Rückstand der Verwitterung feldspatreicher Gesteine. Chemisch hauptsächlich ein wasserhaltiges Thonerdesilikat. Selten in größerer Flächenausdehnung. Oberfläche hügelig, jedoch ohne steile Gehänge, — oft auch flach. Konsistenz: trocken hart, feucht knetbar. Permeabilität äußerst gering. Reiner Thon mit Säure nicht oder wenig aufbrausend. Farbe weiß (Kaolin), wenn verunreinigt grau, blau, bräunlich, rot.

Mergel = kohlensauren Kalk enthaltender Thon. Konsistenz, Permeabilität dem letzteren ähnlich; Härte eventuell bedeutend. Mit Säure stärker aufbrausend. Farbe gelblich, gelbbraun, rotbraun.

Löß = sehr feinen Sand enthaltender, kalkiger, nicht fester Lehm. (Rheinthal, ungarische Niederung.) Lehm = sandhaltiger, etwas kalkiger, oft eisenschüssiger Thon. Aehnlich der Tegel.

Sand = mittel- und kleinkörnige, nicht verkittete Gesteinstrümmer. Quarzsand (nicht oder wenig aufbrausend), Kalksand (mit Säure stark aufbrausend).

Dammerde, Humuserde, Kulturboden = durch Kultur, wie auch durch natürliche Prozesse an pflanzlichen und tierischen Verwesungsprodukten bereicherte Varietät der vorerwähnten nicht verkitteten Trümmergesteine. Moorboden, Sumpfboden, Schlammboden.

Schuttboden. Durch Aufschüttung von industriellen, baulichen und Hausabfällen entstandener Boden.

### 3. Der Boden in Städten.

Nachdem im obigen die verschiedenen Bodenarten auf petrographischer Grundlage klassifiziert und in großen Zügen auch hinsichtlich ihrer Struktur, Konsistenz, Permeabilität für Wasser und Luft, und mit Rücksicht auf ihre chemische Zusammensetzung charakterisiert wurden, muß ich nochmals betonen, daß auch eine petrographische Klassifikation des Bodens von den in hygienischer Beziehung wichtigsten Eigenschaften desselben eine wahre und richtige Vorstellung zu bieten nicht vermag, und zwar nicht nur infolge der wechselnden hygienischen Eigenschaften ein und derselben Bodenart, sondern hauptsächlich auch darum nicht, weil die Bodenarten sowohl auf großen Gebieten, als insbesondere auch innerhalb derselben Stadt oder Landgemeinde in den einzelnen Teilen oder Straßen, ja sogar unter den einzelnen Häusern sehr veränderlich sein können. Es wurde bereits erwähnt, daß z. B. der Granitboden keine ausgedehnten, zusammenhängenden Gebiete bildet, sondern von Spalten durchsetzt ist, die mit Gerölle ausgefüllt sind. Letzteres ist nun im Vergleich zum Granit sehr locker und durchlässig. An anderen Stellen kann wieder der Granitfels mit einer aus solchem Gerölle bestehenden durchlässigen Schicht bedeckt sein, wodurch alle charakteristischen hygienischen Eigenschaften des Granits verloren gehen u. s. w. Dasselbe ist aber auch bei allen übrigen Bodenarten der Fall. Sowohl die Qualität, als mit dieser auch die hygienischen Eigenschaften des Bodens wechseln, selbst auf be-

schränkten Gebieten, sehr häufig. Es wird das aus der Betrachtung der Bodenverhältnisse in einigen Großstädten erhellen.

So zeigt z. B. Budapest ein wahres Schachbrett der verschiedenen Bodenarten. Die Festung am rechten Donauufer liegt hoch auf einer Kalktuffplatte, welche wohl unter einzelnen Häusern noch kompakt ist, sodaß Höfe und Keller Felsoberfläche haben, die Siele in Fels gehauen sind; das Nachbarhaus kann aber schon auf an organischen Abfällen reichem Schutt stehen. Die Christinenstadt, gleichfalls am rechten Ufer, aber weiter vom Fluß entfernt, erhöht gelegen, ruht auf Mergel. Das Donauufer hat in den oberen Strecken Kies und Grobsand, in den unteren Dolomit. Am linken Donauufer dehnt sich eine sandige Ebene aus, doch wechselt hier der reine, man könnte sagen jungfräuliche Sand von Straße zu Straße, ja beinahe von Haus zu Haus mit Schutt und Schlammboden, mit lehm- oder eisenhaltigen und mit moorigen Schichten ab.

Auch das Grundwasser sammelt sich dementsprechend an einzelnen Stellen der Stadt in unerreichbaren Tiefen an, an anderen hingegen tritt es, zuweilen sogar an den höchstgelegenen Stellen der Stadtteile am linken Ufer, frei zu Tage. Längs der Donau pflegt der Fluß bei Hochwasser in den Uferboden einzudringen; bei niedrigem Wasserstand hingegen wird das Grundwasser unter dem Stadtgebiet nach dem Fluß hin abfließen [3].

Von Lyon ist ähnliches zu lesen; ein Teil hat Granitboden, der übrige liegt auf Rhonekies, welcher von dem aus dem Fluß eingedrungenen Grundwasser frei durchsetzt, ausgespült, ausgelaugt und angeblich hierdurch gegen Seuchen geschützt wird [4].

Auch unter Wien ist der Boden sehr verschieden gestaltet. Die südlichen und westlichen Stadtteile und ein großer Teil der inneren Stadt liegen auf undurchlässigem Lehm (Tegel), welcher aber von ungleicher Mächtigkeit und zerklüftet ist, auch häufig mit dem sehr durchlässigen Schotter abwechselt; die nördlichen und besonders die östlichen Stadtteile mit dem die innere Stadt umgebenden Gebiet haben einen Boden aus permeablem Alluvial- und Diluvialkies [5]. Der undurchlässige Untergrund ist geneigt und läßt ein Stagnieren des Grundwassers nicht zu. Der Grundwasserspiegel fällt gegen die Donau zu ab, steht aber in den von der Donau entlegenen Stadtteilen oft näher (bis auf 5 Meter und weniger) zur Oberfläche, als in der Nähe der Donau. Bei Hochwasser pflegt das Donauwasser auch hier in den Untergrund der benachbarten Stadtteile einzudringen.

Auch München hat keinen einheitlichen Boden. Während links der Isar eine sehr mächtige Lage von sandigem Kies sich ausdehnt, wird der Boden am rechten Ufer (in der Vorstadt Haidhausen, die sich nach Pettenkofer gegen Cholera so verschieden verhält) teilweise von einem Lößhügel gebildet. Das Grundwasser wird entfernter von der Isar meist in größeren Tiefen angetroffen; näher zum Fluß steht es der Bodenoberfläche viel näher (bis auf 2,5 m). Dazu kommt noch, daß die undurchlässige Schicht an ihrer oberen Fläche einzelne Mulden und Hügel bildet, wodurch das Grundwasser an einzelnen Stellen gleichsam in unterirdischen Seen sich ansammelt und an anderen überhaupt fehlt [6].

Von allen Großstädten hat Berlin in hygienischer Beziehung

noch den einheitlichsten Boden. Die ganze riesige Ebene ist an der Oberfläche mit einer mächtigen Schicht Alluvialsand bedeckt, mit Kulturdetritus und Schutt vermengt; darunter liegt Wiesen- und Moorerde, häufiger Moorboden und Flußsand, sowie Bacillarienerde. Letztere, in Berlin Infusorienerde genannt, ist eine sehr interessante Bodenschicht, die größtenteils aus mikroskopischen, kieselschaligen, gegen die Oberfläche hin strichweise noch lebenden, zumeist aber abgestorbenen Organismen, den Bacillarien oder Diatomaceen besteht. Die Bacillarienerde enthält, neben Resten abgestorbener höherer Pflanzen, auch reichlich organische Substanz. Der größtenteils bereits in Fäulnis übergegangene Zellinhalt der Algen durchtränkt die ganze Schicht, daher der widrige, moderige Geruch der frisch erbohrten oder mit Wasser angerührten Masse und die oft bemerkte Entwickelung entzündlicher Gase aus derselben. Das Grundwasser in Berlin ist gegen die Spree hin geneigt und steht oft kaum 1,0 m unter der Oberfläche. Bei Hochwasser dringt die Spree in die benachbarten Gebiete des Untergrundes ein. Weiter vom Fluß entfernt nimmt auch der Abstand des Wasserspiegels von der Erdoberfläche zu[7].

In Paris ist der Boden — aus der Abbildung in Karrer's Werk zu urteilen — in seinen oberen, in hygienischer Beziehung in Betracht kommenden Schichten ebenfalls einheitlich. Obenauf liegt eine mächtige Schicht sandig-kiesiger Schutt und Kulturboden; unterhalb lehmiger Sand, dann eine mächtige Lehmschicht. Noch tiefer Gips- und Kreideschichten. Das Grundwasser fällt auch in Paris gegen den Fluß (Seine) hin ab, und der letztere pflegt bei Hochwasser unter die benachbarten Stadtgebiete einzudringen.

London hat im Gegensatz zu den letzthin beschriebenen Städten wieder einen sehr verschiedenen Untergrund, natürlich stets die in hygienischer Hinsicht in Betracht kommenden oberflächlichen Schichten verstanden. Den Thalgrund bildet ein dichter, plastischer, blauer Thon (London-clay), welcher aber an einzelnen Stellen von verschieden mächtigen Sand- und Kiesschichten überlagert ist (Bagshot-Sand), wodurch ein fortwährendes Abwechseln von durchlässigen und impermeablen Schichten entsteht. Dementsprechend wird an Stellen, wo der London-clay von durchlässigen Schichten bedeckt ist, das Grundwasser sich oberflächlich ansammeln und Brunnen speisen können; an anderen Stellen hingegen kann Wasser nur durch Tiefbohrungen gewonnen werden[8].

Die hier kurz skizzierten Verhältnisse beweisen also, daß der Boden in einzelnen Gebietsteilen einer und derselben Stadt äußerst verschieden sein kann, und daß dies auch für noch beschränktere Gebiete zutrifft. Dementsprechend werden die gerade in hygienischer Beziehung wichtigsten Bodenverhältnisse, nämlich die Permeabilität, das Verhalten zum Wasser, die Verunreinigung des Bodens u. s. w. ebenfalls große Verschiedenheiten darbieten müssen.

Im ganzen genommen wird der Boden unter alten Kulturstätten und besonders in Großstädten seinen ursprünglichen Charakter in der Regel gänzlich eingebüßt und sich in eine dunkel gefärbte, von Schmutz. Feuchtigkeit, ausgesickerter Kanaljauche und von ausgeströmtem Leuchtgas durchsetzte, übelriechende Erdmasse verwandelt haben. Dazu kommen noch die fortwährenden Anschüttungen, welche in Städten von einem Jahrhundert zum anderen immer neue oberflächliche Bodenschichten liefern und die frühere Oberfläche in die Tiefe vergraben. Es brauchen

hier nur die bekannten Schliemann'schen Ausgrabungen auf dem Gebiete des alten Ilios erwähnt zu werden [9]; lehrreich sind auch die Abbildungen von Narducci [10], auf welchen das alte Rom mit seinem Straßenpflaster und seinen Sielen in übereinander gelagerten chronologsichen Schichten dargestellt ist. In Wien fand Suess [11] den Untergrund bis auf 34 Fuß Tiefe und stellenweise noch tiefer mit Fragmenten von Hausgerät durchsetzt, also angeschüttet. Auch in Budapest hat man nach der großen Ueberschwemmung des Jahres 1838 große Gebiete hoch angeschüttet, leider meist mit häuslichen, Straßen- und industriellen Abfällen.

Auch diese Bodenverhältnisse sollten in den einzelnen Städten für hygienische Zwecke erforscht und auf entsprechenden hygienischen Karten dargestellt werden. Die üblichen geologischen Terrainkarten können, wie oben gezeigt wurde, hygienische Bedürfnisse nicht befriedigen. Derartige Karten besitzen derzeit noch die wenigsten Städte. Und doch liefern nur solche eine richtige Basis für ein gründliches Studium der epidemiologischen Verhältnisse. Nur aus solchen Karten läßt sich ablesen, wie die zur Assanierung einer Stadt nötigen Einrichtungen (z. B. Kanalisation, Drainage) am zweckmäßigsten anzulegen wären.

1) *S. die ältere einschlägige Litteratur in* **A. Hirsch's** *Handb. d. hist. geogr. Path.*, 2. *Aufl.*, *Stuttgart* (1881—83), *Abschn. Malaria, Typhus, Cholera, Kropf u. Kretinismus u. A.*

2) **B. v. Cotta**, *Geolog d. Gegenwart* (1872); **Frhr. R. v. Hauer**, *Die Geologie* (1875); **Arch. Geikie**, *Text-book of Geology*, *London* (1885) 58. — *Wegen geologischer Klassifikation und Beschreibung des Bodens s. Ausführlicheres in den neueren einschlägigen Lehrbüchern von* **Geikie** (*s. oben*); **G. Leonhard**, *Grundzüge d. Geogn. u. Geolog.*, 4. *Aufl.* (1885—89); **M. Neumayr**, *Erdgeschichte*, *Leipzig* (1886—87); **A. de Lapparent**, *Traité de géologie*, 2e *éd.* (1885); **K. v. Fritsch**, *Allg. Geologie* (1888); **W. v Gumbel**, *Grundzüge d. Geol.*, *Kassel* (1888); **H. Credner**, *Elemente d. Geologie* (1891). — *Vgl. auch* **Soyka**, *Der Boden* (1887).

3) **Fodor**, *Hyg. Untersuch. II. Abt.*, *Braunschweig* (1882).

4) **Clement**, *Lyon, Ethnographie etc.*, *Lyon* (1889). *Vgl. auch weiter unten bei Cholera und Typhus.*

5) **L. E. Suess**, *Der Boden von Wien* (1882). — **F. Karrer**, *Der Boden der Hauptstädte Europas*, *Wien* (1881). — **Soyka**, *Der Boden*, 344.

6) **Soyka**, 257.

7) **F. Karrer**, *a. a. O.*, 48. *Ferner: Dr.* **A. Lossen**, *Der Boden der Stadt Berlin* (1879). — **Soyka**, *Boden*, 327.

8) *Vgl.* **Karrer**, *a. a. O.*, 26.

9) *Ilios, Stadt und Land der Trojaner* (1880).

10) **P. Narducci**, *Sulla fognatura della città di Roma.*

11) *a. a. O.*

ZWEITES KAPITEL.

# Die Temperaturverhältnisse des Bodens.

Die Erdrinde bezieht ihre Wärme hauptsächlich aus drei Quellen, nämlich: 1) durch Strahlung von der Sonne, 2) durch Leitung aus dem Innern der Erde, und 3) aus verschiedenen chemischen Prozessen und physikalischen Vorgängen, welche in der Erdrinde selbst Wärme erzeugen.

Neben diesen (mit Ausnahme von 2) an und für sich äußerst variablen Wärmefaktoren trägt der Boden selbst zur Komplizierung der Erwärmungs- und Abkühlungsvorgänge bei, indem bei den einzelnen Bodenarten die Wärmekapacität, das Emissions- und Leitungsvermögen für Wärme ein verschiedenes ist, sowohl infolge des Bodenmaterials an und für sich, als auch infolge der Zustände (Trockenheit oder Feuchtigkeit), in welchen der Boden sich jeweilig befindet.

## 1. Erwärmung des Bodens durch die Sonne.

Sobald die Sonne sich über den Horizont erhebt, fallen ihre Strahlen durch den Luftkreis auf die Erde. Je höher sie steigt, um so geringer ist die Luftschicht, welche die Strahlen zu passieren haben, und um so steiler werden diese auf die Bodenoberfläche auffallen. Dementsprechend wird auch die Erwärmung des Bodens kontinuierlich zunehmen; denn da durch die abnehmende Luftschicht immer weniger Wärme absorbiert wird, kann immer mehr Wärme bis an die Erdoberfläche gelangen. Andererseits ist die Insolation der letzteren durch die steiler auffallenden Strahlen eine stärkere als bei kleinerem Einfallswinkel (Hann). Nachdem aber die Sonne den Meridian überschritten hat und zu sinken anfängt, werden die Strahlen eine immer mächtigere Luftschicht zu passieren haben und unter immer kleinerem Winkel auf die Erdoberfläche auffallen; infolgedessen wird die letztere immer weniger Wärme erhalten. Nach Sonnenuntergang hört nicht nur die Wärmezufuhr überhaupt auf, sondern die Bodenoberfläche wird, da sie jetzt die erhaltene Wärme in den Weltraum ausstrahlt, sich abkühlen, bis am nächsten Morgen mit Sonnenaufgang die Erwärmung von neuem beginnt. Auf diese Weise kommen die Tagesschwankungen in der Erwärmung der Erdrinde zustande.

Die geschilderte Erwärmung und Abkühlung der Bodenoberfläche ist aber nach Jahreszeiten verschieden. In der warmen Jahreszeit überwiegt die am Tage von den Sonnenstrahlen aufgenommene Wärme über die bei der Nacht von der Erde ausgestrahlte Menge; es muß daher der Boden sich successive erwärmen. Das Gegenteil ist im Winter der Fall; da die Ausstrahlung von Wärme aus dem Boden die Wärmezufuhr von der Sonne übersteigt, wird die Erdrinde sich immer mehr abkühlen. Das sind die jahreszeitlichen Schwankungen der Bodentemperatur.

Aus dem gemeinsamen Durchschnitt der täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen ergiebt sich die mittlere Jahrestemperatur der Erdrinde.

Wir wollen aber diese Erwärmungsverhältnisse noch näher ins Auge fassen[1].

a) Erwärmung der oberflächlichen Bodenschicht.

Der Erwärmungsgrad der Erdrinde ist zunächst abhängig von **Intensität und Quantität der Bestrahlung,** welche ein Ort der Erdoberfläche von der Sonne erhält. Die Bestrahlung ist ihrerseits wieder eine Funktion des Einfallswinkels der Strahlen (Sonnenhöhe) und der Dauer der Bestrahlung (Tageslänge). Diese Wärmemenge wird daher je nach Orten und Umständen naturgemäß verschieden sein. Sie ist abhängig von der **geographischen Lage** und der **Jahreszeit**: nahe zum Aequator und im Sommer ist die Erwärmung des Bodens intensiver und nimmt gegen die Pole oder den Winter fortschreitend ab, weil die Einfallsrichtung der Sonnenstrahlen in den ersteren Fällen der vertikalen näher kommt und die Insolation der Bodenoberfläche länger dauert als in den letzteren.

Die Intensität der Sonnenstrahlung wird an der Oberfläche des Bodens am stärksten gefunden. Herschel hat in Südafrika eine Erwärmung bis auf 70° C., Schübler in Tübingen auf 67,5° C. beobachtet[2]. Bemerkenswert ist die Thatsache, daß die Bodenoberfläche sich durch Insolation ganz bedeutend erwärmen kann, viel höher als die Atmosphäre. So hat Wild[3] in Nukuß folgende Temperatur-Maxima und -Minima an der Bodenoberfläche und in der Luft beobachtet:

| | Luft | | | Bodenoberfläche | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minima | Maxima | Differenz (Amplitude) | Minima | Maxima | Differenz (Amplitude) |
| Januar | —5 85 | +0,27 | 6.12 | —5,9 | +7.2 | 13,1 |
| Februar | —10.60 | +0,85 | 11,45 | —10,7 | +11,7 | 22,4 |
| März | —0.56 | +6,72 | 7,28 | —0,7 | +16,0 | 16,7 |
| April | 8,09 | 19.83 | 11,77 | 7,4 | 29,6 | 22.2 |
| Mai | 12.22 | 26,28 | 14.07 | 12.0 | 44.2 | 32.2 |
| Juni | 13.60 | 29.35 | 16.44 | 13,4 | 53.7 | 40.3 |
| Juli | 19.39 | 32,95 | 13.63 | 19,3 | 57.1 | 37.8 |
| August | 16,01 | 29.77 | 13.76 | 15.1 | 54,9 | 39.8 |
| September | 11,52 | 27,05 | 15,53 | 10,3 | 50,1 | 39.8 |
| Oktober | 0 49 | 14.78 | 14.29 | 3.0 | 35,8 | 32,8 |
| November | —0,39 | 13,22 | 13,61 | —1.2 | 17.6 | 18,8 |
| Dezember | —2,24 | 5.11 | 7.35 | —2,1 | 9.3 | 11,4 |
| Mittelwert | 5.38 | 17.19 | 11,82 | 5.15 | 32,25 | 27,1 |

Wie ersichtlich, kann die Bodenoberfläche im Sommer eine um 25,05° C. höhere Temperatur erreichen als die Atmosphäre; doch ist andererseits auch die Abkühlung dort beträchtlicher als in der Luft.

Diese hohe Temperatur an der Bodenoberfläche vermag die hier am reichlichsten vorhandenen Mikroorganismen wesentlich zu beeinflussen; sie wird mit den die Blutwärme erreichenden Graden Mikroorganismen, welche gerade hier ihr Temperaturoptimum haben, im Wachstum fördern, aber andererseits bei einer weiteren, übermäßigen Steigerung solche Organismen auch abtöten oder abschwächen können.

Die Erwärmung der Bodenoberfläche ist des weiteren vom **Zustand der Atmosphäre** abhängig, da in der Luft ein beträchtlicher Teil der Strahlen während ihres Durchtritts durch die Luft absorbiert wird. Nach Pouillet beträgt die Absorption im Mittel 40—50 Proz. der von der Sonne effektiv auf die Erde gelangenden Strahlen. Neuere Bestimmungen (von Crova in Montpellier) ergaben gleichfalls, daß in unseren Breitegraden und an heiteren Tagen im Mittel 50 Proz. der Wärmestrahlen durch die Atmosphäre absorbiert werden (Hann).

Besonders viel Wärme wird durch eine feuchte, neblige, bewölkte Atmosphäre zurückgehalten, da der atmosphärische Wasserdampf nach Violle 5mal so viel Wärme zu absorbieren vermag als die Luft (Hann). Ferner ist die Absorption bedeutender am Morgen und am Abend, da zu den genannten Tageszeiten die Wärmestrahlen bis zur Bodenoberfläche den längsten Weg durch die Luft zurückzulegen haben. Diese Einwirkung der Mächtigkeit der Luftschicht hat Violle direkt gemessen; er fand die Sonnenkonstante am Montblanc (4810 m) 2,39, auf den Grand Mulets (3050 m) 2,26 und auf dem Bossongletscher (1200 m) 2,02*).

Während aber die Luft mit ihrem Wasserdampf die Wärme in der geschilderten Weise zurückhält, breitet sie sich wie eine warme Decke über die Erde aus und mäßigt die Abkühlung der Oberfläche des Bodens. Daher kommt es, daß klare Abende und Nächte, besonders im Inneren der Kontinente, wegen Trockenheit der Luft, und an hoch gelegenen Orten infolge geringerer Mächtigkeit der schützenden Luftdecke mit einer außerordentlichen Abkühlung einhergehen.

Selbstverständlich ist im Sommer und in den heißen Klimaten die Erwärmung der Bodenoberfläche am Tage, die relative Abkühlung in der Nacht am bedeutendsten, während die Tagesschwankungen der Temperatur an der Oberfläche des Bodens im Winter sowie in den kälteren Klimaten viel geringer ausfallen. Im Centrum Indiens kann man angeblich Eis erzeugen, wenn man, um die Ausstrahlung zu steigern, den Boden am Abend mit Stroh bestreut und auf diesem Wasser in flachen Gefäßen aussetzt. In klaren Nächten ist dann die Ausstrahlung bei trockener Luft so bedeutend, daß sich Eis bildet[4].

---

*) Die Sonnenkonstante giebt an, wie viele Wärmeeinheiten auf die Fläche von einem qcm und in einer Minute gelangen. Für die Grenze des Luftkreises läfst sich eine Sonnenkonstante von 2,54 berechnen, d. h. es würden dort in der Minute auf jedem qcm Oberfläche 2,54 g Wasser um 1° C. erwärmt werden. Hiernach vermag die absolute Sonnenkonstante in einem Jahr unter dem Aequator, in Abwesenheit des Luftkreises, eine Eisschicht von 5,475 m (nach Wühler 28,96 m) zu schmelzen, die aber infolge der in der Atmosphäre erfolgenden Wärmeabsorption an der Erdoberfläche um 40 bis 50 Proz. geringer wäre.

Diese plötzliche und starke Schwankung der Temperatur an der Bodenoberfläche, welche jene der Luft bedeutend übertreffen mag (s. Seite 55), ist auch oft die Ursache von Erkältung und Erkrankungen bei Menschen, die Abends oder des Nachts im Freien auf dem Boden lagern, um dort zu übernachten. Hiermit stimmt die Behauptung der Reisenden, daß in tropischen Gegenden die am Erdboden schlafenden Menschen infolge der bedeutenden Abkühlung der Erde und unter der Einwirkung des Mondes (also in klaren, wolkenlosen Nächten) Dysenterien und Fieber bekommen. Auch der Landwirt fürchtet an warmen Frühlingstagen die unbewölkten Nächte mit ihrer starken, oft zu Frost führenden Abkühlung.

Desgleichen ist die Erwärmung des Bodens von der **Exposition** des Ortes abhängig. Auf unserer Hemisphäre sind Berglehnen mit südlicher Lage viel wärmer als Ebenen und noch wärmer als nördliche Abhänge, weil auf erstere die Sonnenstrahlen steiler und während einer längeren Dauer einfallen, während nördliche und ebenso die östlich und westlich gelegenen Berglehnen stärker geneigte Strahlen erhalten und länger im Schatten liegen. Kerner fand zu Innsbruck, 0,8 m tief im Boden, folgende mittlere Jahrestemperaturen: bei SE-, S-, SW-Lage 12,70, bei N-Lage aber bloß 9,4° C.; die Differenz betrug daher 3,3° C. und war im Sommer zwischen Süden und Norden sogar 5° C. (Hann).

Es wird daher für Villenkolonien eine Lage nach Osten über Süden bis Westen nicht angezeigt sein, weil sie im Sommer zu warm ist. In einem nach Norden exponierten Boden findet auch eine geringere Zersetzung der organischen Substanz statt.

Auch vom **Material** des Bodens ist dessen Erwärmung abhängig. Die einzelnen Bodenarten bedürfen nämlich eines verschiedenen Wärmequantums, um sich auf den nämlichen Grad zu erwärmen, d. h. sie haben eine verschiedene Wärmekapazität*). Und das Verhältnis dieser Wärmemenge zu jener anderen, welche nötig ist, um ein gleiches Volumen (Gewicht) Wasser um 1° C. zu erwärmen, drückt die spezifische Wärme aus**).

Wird das zur Erwärmung der Gewichtseinheit Wasser um 1° C. erforderliche Wärmequantum als 1 angenommen, so erhält man für einige wichtigere Bodenarten, nach Austrocknen bei 100° C., folgende spezifische Wärmen: Kalksand 0,188, Lößlehm 0,259, Mergellehm 0,284, humöser Lehm 0,310, Haideerde 0,312, Kalkboden 0,339, Granitboden 0,380; ferner: Schwerspat 0,1088, Quarzsand 0,1963, Torf 0,477 bis 0,529 (Dehérain, Liebenberg, Lang)[5]. Die spezifische Wärme der Luft ist bekanntlich = 0,2669. Demgemäß werden Sandböden sich rascher erwärmen als lehmige oder gar humöse, da die letzteren zur Erwärmung viel größere Wärmemengen aufzunehmen haben als erstere.

Da nun die Gewichtseinheit Wasser 2—5mal so viel Wärme braucht als der Boden, um eine gewisse Temperatur zu erreichen, wird die Erwärmung eines Bodens offenbar auch davon wesentlich abhängen,

*) Wärmekapazität nennt man diejenige Wärmemenge, welche zur Erwärmung der Raum- oder Gewichtseinheit eines Bodens erforderlich ist.

**) Um die spezifische Wärme nach Regnault zu bestimmen, wird in der Regel eine getrocknete und abgewogene Bodenprobe auf 100° C. erwärmt, rasch in Wasser geworfen, dessen Gewicht und Temperatur vorher bestimmt worden war, und jetzt die Temperatur des Wassers aufs neue gemessen (Dehérain).

ob derselbe trocken oder feucht ist. Ein trockener Boden ist warm, der feuchte Boden aber ist kalt, um so mehr, als er durch Verdunstung des Wassers auch direkt abgekühlt wird*).

Für die Erwärmung der Oberfläche ist auch die **Farbe** des Bodens von Bedeutung. Die dunkel gefärbten Bodenarten zeigen eine größere Wärmekapazität als die hellfarbigen. Dies geht aus den Versuchen von Gasparin[6] hervor, der verschiedene Bodenarten mit einer durch Sieben aufgetragenen dünnen Schicht Magnesiumkarbonat oder Ruß bedeckte und dann den Sonnenstrahlen exponierte**). Die in die Bodenproben eingesetzten Thermometer zeigten folgenden Stand in $^0$ C.:

| | Oberfläche | |
|---|---|---|
| | weifs | schwarz |
| Quarzsand | 43.25 | 50,87 |
| Kalksand | 43.25 | 51,12 |
| Thon | 41,25 | 48,87 u. s. f. |

Den Landwirten ist diese Wirkung der Farbe des Bodens sehr wohl bekannt. Nach Saussure pflegen die Bauern in der Gegend von Chamounix im Frühjahr den Schnee auf den Feldern mit pulverisiertem Schiefer zu bestreuen, und erreichen dadurch, daß der Schnee um 10 bis 14 Tage früher verschwindet, als ohne Anwendung des Schieferpulvers.

Ferner hängt die Erwärmung davon ab, ob die Bodenoberfläche frei exponiert oder beschattet, mit Vegetation (Ebermayer)[7], Gebäuden etc. bedeckt ist (Fodor)[8]. Durch letztere Umstände wird der freie Zutritt der strahlenden Sonnenwärme zur Bodenoberfläche verlangsamt, vermindert oder gar ganz verhindert.

Es versteht sich wohl von selbst, daß die Abkühlung der Bodenoberfläche durch ganz dieselben Faktoren — meist im entgegengesetzten Sinne — beeinflußt wird, welche die Erwärmung des Bodens regulieren. So wird der Grad der Abkühlung davon abhängen, wie viel Wärme der Boden am Tag und während der warmen Jahreszeit erhalten hat, — ferner davon, ob die Ausstrahlung der Wärme nach dem Weltraum durch Wolken, durch eine feuchte und warme Atmosphäre behindert ist oder nicht, — ebenso davon, ob die letztere durch eine Vergrößerung der Oberfläche: Graswuchs und Vegetation gefördert, oder im Gegenteil durch Bäume, Waldungen, Gebäude u. a. gehemmt ist oder nicht.

Am meisten wird aber die Abkühlung vom Feuchtigkeitsgrad des Bodens abhängen. Ein wässeriger Boden muß — trotzdem er infolge der größeren Wärmekapazität des Wassers mehr Wärme aufgenommen hat — sich rascher und bedeutender abkühlen als ein trockener, weil das Wasser ein guter Wärmeleiter ist, auch bei der Verdunstung viel Wärme entführt.

*) Von der Kompensation der Wärme durch den Umstand, daß ein feuchter Boden ein besserer Wärmeleiter ist als ein trockener, soll weiter unten die Rede sein.

**) Dieses Experiment läfst sich als Vorlesungsversuch verwerten. Hierzu bringt man Bodenproben (und zwar einen Teil feucht, den anderen trocken) in Holzkasten von 20 $\times$ 20 cm und färbt dieselben in der angedeuteten Weise schwarz oder weifs; nachdem man in jede Probe ein Thermometer einige cm tief eingeführt, wird der Apparat den Sonnenstrahlen exponiert. Die ungleiche Erwärmung zwischen schwarzen und weifsen, andererseits zwischen trockenen und feuchten Bodenproben ist sehr auffallend und manifestiert sich durch eine Temperaturdifferenz von 5 bis 6 $^0$ C.

Auf Grund des Gesagten werden sich an der Oberfläche durch Insolation besonders die dunkelgefärbten, porösen und trockenen Bodenarten erwärmen, nämlich Basalt, aus verwittertem Schiefer bestehende, humöse und überhaupt die trockenen, porösen Bodenarten; hingegen werden kalt bleiben resp. sich stärker abkühlen: die hellfarbigen, feuchten und dichten Bodenarten, wie reiner Lehm, reiner Sand u. a.

b) Erwärmung der tieferen Bodenschichten.

Die mit den Sonnenstrahlen an die Bodenoberfläche gelangte Wärme dringt in die Erdkruste ein. Dieses Vordringen, beziehungsweise dessen Unterbrechung und Reduktion durch Abkühlung wird gleichfalls durch komplizierte Kräfte reguliert.

Das Vordringen der Wärme nach den tieferen Bodenschichten hängt zunächst von der Menge (Intensität und Dauer) der Wärmeinsolation ab; der Boden wird also am Tage, unter wärmeren Klimaten und im Sommer über die meiste Wärme zu verfügen haben und sich in diesen Fällen auch am stärksten erwärmen. Ferner ist das Eindringen der Wärme von der Wärmekapazität und Wärmeleitung des Bodens abhängig. Die Wärmekapazität wurde schon oben gewürdigt; es erübrigt daher noch, die Wärmeleitung kurz zu erörtern.

Der Boden ist im allgemeinen ein schlechter Wärmeleiter; sein Leitungsvermögen wird dem des Wassers nahe kommen oder es nicht erreichen. Ausnahmsweise kommen auch besser leitende Bodenschichten vor, so die erzhaltigen. Da solche aber zu den Seltenheiten gehören, können wir sie selbstverständlich übergehen.

Das Material des Bodens vermag nicht die Wärmeleitung beachtenswert zu beeinflussen. Leß[9] fand für kompakte Bodenproben von verschiedenem Material folgende relative Wärmeleitung (Marmor als 1000 angesetzt): sächsischer Granit 804, Basalt 726, feinkörniger Sandstein 721 u. s. f.

Wichtiger ist schon der Aggregat-Zustand des Bodenmaterials: ob es kompakt oder verwittert, lufthaltig oder wasserführend ist. Ein kompakter Boden ist ein besserer Wärmeleiter als ein verwitterter[10].

Luft ist bekanntlich ein sehr schlechter Wärmeleiter; dies ist der Grund, warum auch Bodenarten, wenn sie Luft enthalten, zu schlechten Wärmeleitern werden. Dagegen ist Wasser ein guter, ein 21—26mal besserer Wärmeleiter als Luft*). Infolgedessen wird die Wärme sich in einem mit Wasser erfüllten Boden ohne Luftgehalt schneller fortpflanzen als in einem trockenen, lufthaltigen Boden. Dieser Einfluß von Luft und Wasser ist zwar für die Wärmeleitung — Erwärmung und Abkühlung — im Boden entscheidend, doch ist die Wirkung der genannten Faktoren sehr kompliziert und wird die eine Wirkung durch die übrigen vielfach kompensiert und reduziert.

So wird z. B. das Wasser die Wärme im Boden rascher leiten als die Luft; da es aber eine größere Wärmekapazität besitzt als Luft und Boden, ist zur Erwärmung eines feuchten Bodens ein viel

*) Setzt man die Wärmeleitung der Luft für 1,0, so ist sie für Wasser 21,088 bis 26,500, Blei 1421,7, Eisen 283,16, Kupfer 13928,5.

größeres Wärmequantum erforderlich, als wenn der Boden trocken wäre, was auch auf die Erwärmung hindernd wirkt. Da sich nun an diesen zwei Faktoren bei der Wärmeleitung ein relativ größerer Unterschied zeigt, wird sich zum Schluß für den feuchten Boden doch eine raschere Erwärmung ergeben, wie dies auch durch Versuche bewiesen ist. Dem gegenüber muß die bessere Wärmeleitung des feuchten Bodens zu einer rascheren Abkühlung führen, welche noch durch die Verdunstung des Wassers gesteigert wird, die schon bei der Erwärmung des Bodens das eindringende Wärmequantum verminderte. Der feuchte Boden muß sich also bis auf größere Tiefen und stärker abkühlen als ein trockener. Demgemäß muß der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens hinsichtlich dessen Erwärmung zu verschiedenen Verhältnissen führen.

Die Bodenoberfläche wird sich stärker erwärmen, wenn der Boden trocken und porös als wenn er feucht und kompakt ist.

In einem feuchten und kompakten Boden dringt die Erwärmung schneller und tiefer ein, erreicht aber nicht so hohe Grade wie im trockenen und porösen; desgleichen wird der feuchte und kompakte Boden sich rascher, auf größere Tiefen und beträchtlicher abkühlen als ein trockener und verwitterter. Dementsprechend muß die Erwärmung und Abkühlung der Erdkruste in einem feuchten Boden bedeutendere Schwankungen zeigen, und diese werden in größere Tiefen eindringen, als wenn der Boden trocken wäre.

## 2. Wärmeschwankungen in den tieferen Bodenschichten.

### *α) Schwankungen nach Tageszeiten.*

Während die Oberfläche des Bodens sich — wie erörtert wurde — bedeutend stärker erwärmt und abkühlt als die Atmosphäre werden die oberen Bodenschichten — bis auf eine gewisse Tiefe, wo schon die Wirkung der konstanten inneren Erdwärme, die wir weiterhin noch ausführlicher besprechen wollen, zur Geltung kommt — sich minder erwärmen und abkühlen als die atmosphärische Luft.

Diesbezüglich ist zunächst auffallend, wie beschränkt die täglichen Temperaturschwankungen im Boden sind. Die Erwärmung am Tage und die Abkühlung während der Nacht dringt nur auf geringe Tiefen mit voller Kraft in den Boden ein. Es genügt schon eine Erdschicht von 5 cm, um die riesigen Schwankungen in Erwärmung und Abkühlung der Bodenoberfläche aufzuheben. In 5 cm Tiefe ist die Temperatur im Boden annähernd dieselbe wie in der Luft. In größeren Tiefen wird sie schon hinter der Lufttemperatur zurückbleiben, am Tage weniger ansteigen und in der Nacht nicht so sehr abfallen als in der Luft. In noch größeren Tiefen ist die Einwirkung der Tages- und Nachttemperaturen noch geringer und hört endlich ganz auf. Die Tiefe, bis auf welche diese täglichen Schwankungen eindringen und mit dem Thermometer nachgewiesen werden können, sind verschieden, je nach der Wärmeleitung und der Insolation des Bodens (heißes oder kaltes Klima, Sommer oder Winter). In Nukuß beträgt sie nach Wild (in einem sandigen Lehmboden) 0,81 m, in Brüssel nach Quetelet 0,3—1,46 m[11]. In Budapest fand Fodor an einem in 0,5 m Tiefe versenkten Kappeller'schen Thermometer zwischen Morgen und Abend nicht einmal 0,1° C. Differenz, obschon die Lufttemperatur Morgens, Mittags und Abends selbst um 12—14° differierte.

Im allgemeinen kann man annehmen, daß die tägliche Erwärmung und nächtliche Abkühlung im Mittel nicht tiefer als auf 0,5—1 m in den Boden eindringt. Im Sommer, wenn der Unterschied zwischen Tages- und Nachttemperaturen bedeutender ist, ferner in feuchtem Boden, resp. bei Regenwetter werden die Tagesschwankungen tiefer eindringen, als in einen trockenen Boden und bei regenlosem Wetter.

Auf die schlechte Wärmeleitung des Bodens ist die Beobachtung zurückzuführen, daß die Erwärmung am Tage und die nächtlichen Abkühlungen im Boden von den Temperaturschwankungen der Luft zeitlich um so mehr differieren, je tiefer im Boden wir sie messen. Im Mittel kann angenommen werden, daß jeder Decimeter Tiefe eine Verspätung von $2^1/_2$ Stunden verursacht[12]. Daher wird am Abend und in den Stunden vor Mitternacht, wenn die Atmosphäre sich so rapid abkühlt, der Boden unter 1—2 Decimeter Tiefe nicht nur warm bleiben, sondern gerade jetzt das Tagesmaximum aufweisen. So wurde in Nukuß die höchste Tagestemperatur in 2 Decimeter Tiefe Abends um 9 Uhr, in 4 Decimeter Morgens um 3 Uhr abgelesen.

Aus diesen Beobachtungen folgt, daß in den oberflächlichen Bodenschichten — wo der Boden eben am meisten verunreinigt ist und wo die wichtigsten Zersetzungsvorgänge verlaufen — die den letzteren förderliche Wärme am Abend den höchsten Stand erreicht; es folgt aber auch, daß die Grundluft am Abend und des Nachts — wenn sie wärmer und daher leichter ist — die größte Tendenz zum Ausströmen auf die Oberfläche besitzt (s. hierüber ausführlicheres unten bei Grundluft).

Von den täglichen Schwankungen der Bodentemperatur will ich endlich noch hervorheben, daß die Amplitude der Schwankung, d. h. die Differenz zwischen Tagesmaximum und -minimum mit der Tiefe abnimmt. So wurden in Nukuß die folgenden Amplituden beobachtet:

| | |
|---|---|
| In der Luft . . . . . | 11,75 ° C. |
| an der Bodenoberfläche . | 27,07 „ |
| in 0,05 m Tiefe . . . . | 10,39 „ |
| „ 0,10 „ „ . . . . | 7,81 „ |
| „ 0,20 „ „ . . . . | 3,25 „ |
| „ 0,40 „ „ . . . . | 0.59 „ |

### β) *Schwankungen der Bodentemperatur nach Jahreszeiten.*

Der Einfluß der Jahreszeiten auf die Bodentemperatur und deren Schwankungen offenbart sich in größerem Umfange.

Vor allem dringen Sommerwärme und Winterkälte auf größere Tiefen ein, als die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht; aber infolge der schlechten Wärmeleitung des Bodens wird diese Tiefe nicht beträchtlich sein und wieder vom Material des Bodens und seiner Wärmeleitung, sowie von den Insolationsverhältnissen (Intensität und Dauer) abhängen. Nach einer Tabelle bei Wild[13], welche die an 24 Orten angestellten Beobachtungen berücksichtigt, wurden die Schwankungen verschwindend gering (geringer als 0,01 ° C.): zu Edinburg in 32,8 m Tiefe (in Sandboden); aber am selben Ort in einem anderen Boden [Trapp] hörten die Schwankungen schon in 18,5 m Tiefe und an einer dritten Stelle [wieder Sandboden] in 21,6 m Tiefe auf. In Nukuß sah Wild die Schwankungen schon in 14,6 m

Tiefe aufhören (Sand- und Thonboden). In Budapest wurde das in 16,4 m Tiefe beobachtet[14]. Es läßt sich also für die Tiefe, bis zu welcher die Jahresschwankungen der Temperatur in den Boden eindringen, eine genaue und einheitliche Grenze nicht aufstellen; sie wird selten über 30 m Tiefe liegen.

Unterhalb dieser Tiefe beginnt die Schicht mit konstanter Jahrestemperatur, deren Höhe von hier abwärts stetig zunimmt, worüber weiter unten ausführlicheres folgt.

Die zeitliche Verspätung in der Erwärmung läßt sich auch beim Vergleiche mit den Lufttemperaturen erkennen, weil die Wärme in die schlecht leitenden Schichten nur langsam eindringt, und zwar kann man aus den Bodentemperaturmessungen von Fleck[15], Fodor[16] u. a. — wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich, wo ich die Bodentemperaturen von Dresden im Mittel aus 3 Jahren (1873–75), für Budapest im Mittel aus 4 Jahren (1877—80) zusammengestellt habe*) — folgern, daß

| | Dresden | | | | Budapest | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 m | 4 m | 6 m | Aeufsere Luft | 0,5 m | 1 m | 2 m | 4 m | Aeufsere Luft |
| Januar | 6,07 | 9,24 | 11,06 | 1,25 | 1,292 | 3,23 | 6,47 | 11,90 | —1,90 |
| Februar | 4,92 | 8,08 | 10,26 | —1,57 | 1,290 | 2,33 | 4,89 | 10,62 | 1,08 |
| März | 4,65 | 7,28 | 9,44 | 2,89 | 2,85 | 2,77 | 4,32 | 9,99 | 3,92 |
| April | 7,86 | 7,27 | 8,95 | 7,79 | 8,52 | 6,16 | 5,27 | 9,49 | 11,20 |
| Mai | 9,96 | 8,53 | 9,06 | 11,04 | 12,34 | 10,33 | 7,96 | 9,68 | 15,02 |
| Juni | 12,99 | 10,71 | 9,60 | 17,05 | 17,39 | 14,75 | 11,28 | 10,46 | 20,30 |
| Juli | 16,74 | 12,88 | 10,66 | 19,43 | 19,07 | 17,06 | 14,03 | 11,62 | 20,82 |
| August | 17,87 | 14,63 | 12,07 | 17,93 | 18,90 | 17,14 | 15,53 | 12,75 | 20,75 |
| September | 17,11 | 15,23 | 12,71 | 14,19 | 16,10 | 16,38 | 15,74 | 13,84 | 16,35 |
| Oktober | 14,97 | 14,78 | 12,97 | 9,25 | 11,41 | 12,90 | 14,18 | 14,28 | 10,05 |
| November | 10,58 | 12,27 | 12,62 | 2,90 | 6,86 | 8,84 | 11,48 | 13,89 | 4,40 |
| Dezember | 7,19 | 10,97 | 11,93 | —0,67 | 3,58 | 5,79 | 8,86 | 13,03 | —2,30 |

die Verspätung für jeden Meter Tiefe annähernd 3 Wochen beträgt — in einem gut leitenden Boden weniger, im schlecht leitenden mehr. Mithin wird das Jahresmaximum in 1 m Tiefe im August, in 2 m Tiefe Anfang September, in 4 m Tiefe im Oktober zu beobachten sein. In noch größeren Tiefen ist auch die Verspätung entsprechend größer. Andererseits fällt das Jahresminimum in 1—2—4 m Tiefe etc. auf die Monate Februar, März und April, resp. noch später.

Die obere Bodenschicht (in 0–4 m Tiefe, wo die organische Zersetzung verläuft) ist daher im Herbst am wärmsten und im Frühjahr am kältesten; die tiefen Schichten (unterhalb 4 m, wohin die Keller und Brunnen hinabreichen) sind im Winter am wärmsten und im Sommer am kältesten.

Diese Thatsachen sind für die Epidemiologie und Bauhygiene von großer Bedeutung. Näheres s. unten.

Die Amplitude der Temperaturschwankungen nimmt mit der Tiefe ab. Während ich zu Budapest in feinkörnigem Sand-

*) Die Budapester Mittelwerte sind auf Grund von im Hofe des chemischen Institutes, an einer freigelegenen Stelle, in humösem Sandboden angestellten Temperaturmessungen berechnet.

boden aus an 4 Observationsstationen 4 Jahre hindurch angestellten Beobachtungen in der oberflächlichen — 0,5 m tiefen — Schicht zwischen den einzelnen Jahreszeiten an ein und derselben Stelle Differenzen bis zu 25,5 ° C. beobachten konnte, betrug die Amplitude in 1 m Tiefe 20,1 °, in 2 m Tiefe 12,9 ° und in 4 m Tiefe bloß 5,6 ° als Maximum. In noch größeren Tiefen ist die Amplitude selbstverständlich noch geringer. In Dresden zeigte sie während 3 Jahren in 6 m Tiefe ein Maximum von bloß 4,56 ° C. (Minimum im März 1874 = 8,82 °, Maximum im September 1874 = 13,40 °). Zu Budapest fand ich in 4 m Tiefe auf 4 Stationen während 4 Jahren eine minimale Jahreszeits-Amplitude von 3,5 ° C.

Die in Budapest an allen 4 Stationen während 4 Jahren beobachteten absoluten Temperaturmaxima und -minima waren folgende:

| | Maximum | Minimum | Differenz |
|---|---|---|---|
| Lufttemperatur (Monatsmittel) | 23,4 ° C. | —3,4 ° C. | 26,8 ° C. |
| Bodentemp. in 0,5 m Tiefe | 23,33 „ | —2,23 „ | 25,56 „ |
| „ 1,0 „ „ | 20,97 „ | + 1,60 „ | 19,37 „ |
| „ 2,0 „ „ | 17,90 „ | 2,14 „ | 15,76 „ |
| „ 4,0 „ „ | 15,80 „ | 9,27 „ | 6,53 „ |

Auf allen 4 Stationen zusammengenommen betrug während der 4 Jahre das Jahresmittel:

| | |
|---|---|
| Lufttemperatur | 10,14 |
| Bodentemperatur in 0,5 m Tiefe | 10,01 |
| „ „ 1,0 „ „ | 10,16 |
| „ „ 2,0 „ „ | 10,49 |
| „ „ 4,0 „ „ | 12,19 |

Hieraus erhellt, daß während in den oberen (bis auf 4 m Tiefe reichenden) Bodenschichten (in Budapest und an Orten mit ähnlichem Bodenklima) die Temperatur nach Jahreszeiten in einem Maße schwankt, daß sie der Zersetzung organischer Substanzen, und insbesondere dem Lebensprozesse der im Boden befindlichen Mikroorganismen bald förderlich, bald wieder hinderlich ist: in einer Tiefe von 4 m und mehr das ganze Jahr hindurch eine Temperatur herrscht, welche Bakterienarten von bescheideneren Wärmeansprüchen das ganze Jahr hindurch ein mäßiges Wachstum gestattet, anderen Arten hingegen, welche höhere Temperaturen beanspruchen, wie z. B. den Anthraxbacillen, das Wachstum unmöglich macht. Gleichzeitig wird ein etwa vorhandenes Wachstum in 4 m Tiefe und noch tiefer überhaupt langsam und gleichmäßig verlaufen, weil die Temperatur zu keiner Jahreszeit so bedeutend ansteigt, wie es ein lebhaftes Wachstum benötigen würde. (Vergl. weiter unten die Kapitel: Organische Substanzen — Bakterien im Boden).

Doch ist es auch in anderer Hinsicht für die Hygiene wichtig, die jährlichen Temperaturmaxima und -minima in den einzelnen Tiefen zu kennen. Von diesen Größen hängt z. B. ab, in welcher Tiefe Wasserleitungsröhren verlegt werden sollen, um im Winter nicht einzufrieren und im Sommer nicht lauwarmes Wasser zu liefern; ebenso muß bei Schwemmkanälen sowohl das Einfrieren wie eine stärkere Erwärmung vermieden werden. In Souterrainlokalitäten, also in Wohnungen und Kellern wird das Klima durch die Schwankungen der

Bodentemperatur bestimmt. Kellerwohnungen sind im Winter wärmer und im Sommer kühler, werden daher von jener Volksklasse bevorzugt, die nichts so sehr fürchtet, als in der Wohnung zu frieren, und die Summen, welche die Beheizung der Wohnung kostet, nicht erschwingen kann.

Die jahreszeitlichen Schwankungen der Bodentemperatur müssen auch die Temperatur des Brunnen- und (oberflächlichen) Quellwassers beeinflussen.

Diese Erwärmung und Abkühlung des Bodens wird offenbar durch vielerlei zufällige Faktoren modifiziert. So muß z. B. unter Gebäuden der Boden sich im Sommer minder erwärmen und im Winter weniger abkühlen[17]. In unter Gebäuden gelegenen Kellern ist die Bodentemperatur noch konstanter und auch davon abhängig, ob der Keller offen oder verschlossen ist und ob er im Winter geheizt wird oder nicht.

### γ) *Jahresschwankungen der Bodentemperatur.*

Da die atmosphärische Temperatur von Jahr zu Jahr andere Jahresmittel aufweist, kann von vornherein vermutet werden, daß auch das Mittel der Bodentemperatur nicht immer jedes Jahr das gleiche sein wird. Aus den von Fleck in Dresden und von Fodor in Budapest angestellten Temperaturmessungen ergab sich aber, daß der Boden eine von Jahr zu Jahr konstantere Temperatur hat als die atmosphärische Luft. Dies ist aus den folgenden Tabellen ersichtlich:

| Jahr | Boden (Hof des chem. Instituts) in Budapest | | | | | Luft |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,5 m | 1 m | 2 m | 4 m | Mittel aus 0,5 m bis 4 m | |
| 1877 | 9,83 | 10,04 | 10,26 | 11,70 | 10,46 | 10,13 |
| 1878 | 10,11 | 10,28 | 10,29 | 11,89 | 10.64 | 11,30 |
| 1879 | 9,44 | 9,72 | 9,99 | 11,91 | 10,62 | 8,98 |
| 1880 | 10.56 | 9,21 | 9,53 | 11,68 | 10,24 | 10,25 |

| | Dresdener Boden | | | | Luft |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2 m | 4 m | 5 m | Mittel | |
| 1873 | 11,39 | 11,19 | 10,99 | 11,19 | 9,08 |
| 1874 | 11,07 | 11,37 | 11,13 | 11,19 | 8,70 |
| 1875 | 10,23 | 10,63 | 10,69 | 10,52 | 8.28 |

Demgemäß kann den Schwankungen der Bodentemperatur im Jahresmittel eine hygienische Bedeutung kaum zugesprochen werden.

## 3. Erwärmung des Bodens durch die innere Erdwärme.

Nach obigen Ausführungen dringt der Einfluß von Insolation und Abkühlung nicht über 15 bis 30 m tief in den Boden ein. Unterhalb dieser Grenze ist die Temperatur zunächst konstant. Eine Reihe von warmen oder kalten Jahren vermag wohl die Grenze nach oben oder unten zu verändern, doch nur in geringem Maße. Tiefer unten ist aber die Temperatur konstant, und läßt sich weder eine successive Erwärmung (z. B. durch zunehmende Insolation) noch eine zunehmende Abkühlung (etwa infolge einer allgemeinen Abkühlung der Erdmasse) nachweisen. Diesbezüg-

lich wird in der Regel auf das im Keller des Observatoriums zu Paris (28 m unter Bodenniveau) angebrachte Thermometer hingewiesen, welches sich seit einem Jahrhundert kaum gerührt hat*).

An der oberen Grenze der Temperaturkonstante müßte der nämliche Wärmegrad herrschen, welcher der mittleren Temperatur in der Luft entspricht, wenn die Temperatur der Erdkruste bloß durch Insolation und Abkühlung beeinflußt wäre. Doch verhält sich die Sache nicht ganz so. Im allgemeinen ist die Temperatur, schon von den oberflächlichen Bodenschichten angefangen, höher als das Jahresmittel der Lufttemperatur und nimmt die Wärme mit der Tiefe konstant zu. Es war das aus den obigen Budapester Beobachtungen ersichtlich, und dasselbe wird durch die folgenden, hauptsächlich nach Wild[19] übernommenen Zahlen bewiesen:

| | Luft | Bodentiefe m | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| | | | (Jahresmittel) | | | |
| St. Petersburg | 3,1 | 4,6 | 5,7 | — | 7,2 | — |
| Greenwich | 9,6 | — | 10,5 | — | — | 10,3 |
| Brüssel | 10,5 | 9,7 | 10,7 | — | — | 11,9 |
| München | 7,3 | — | 8,8 | — | 9,0 | 9,0 |
| Budapest (Fodor) | 10,14 | 10,01 | 10,16 | 10,49 | — | 12,19 |
| Trevanden | 27,2 | — | 29,8 | 30.2 | — | — |

In Paris hat Becquerel[20] als Mittel aus 10 Jahren die folgenden Temperaturen beobachtet:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| in | 1 m | Tiefe | 11,34 | ° C |
| „ | 6 „ | „ | 11,94 | „ |
| „ | 11 „ | „ | 11,96 | „ |
| „ | 16 „ | „ | 12,01 | „ |
| „ | 21 „ | „ | 12,09 | „ |
| „ | 26 „ | „ | 12,37 | „ |
| „ | 31 „ | „ | 12,31 | „ |
| „ | 36 „ | „ | 12,42 | „ |

Er fand noch folgende Amplitude in den einzelnen Jahreszeiten: in 1 m Tiefe 7,0°, in 6 m Tiefe 1,07°, in 31 m Tiefe 0,04°, während in 36 m Tiefe konstant eine Temperatur von 12,42° herrschte.

Somit besteht an der Grenze der konstanten Temperatur unveränderlich annähernd derselbe, resp. ein etwas höherer Wärmegrad, wie das Jahresmittel der Lufttemperatur. Oberhalb dieser Grenze wird die Temperatur nach Jahreszeiten u. s. w. näher zur Bodenoberfläche mehr, und tiefer unten weniger schwanken; unterhalb der bewußten Grenze ist die Temperatur konstant und mit der Tiefe ansteigend.

Ist die mittlere Jahrestemperatur der Luft an einem Orte bekannt, so kann nach obigem annähernd bestimmt werden, wie kalt dort der kühlste Keller oder die kühlste Quelle sein wird. In der Regel kann deren Temperatur nicht unter dem Jahresmittel der Luft liegen; doch können ausnahmsweise — infolge eigentümlicher physikalischer und geologischer Ursachen — auch kältere Bodenzustände obwalten, wie z. B. in den vielbewunderten Eishöhlen zu Dobsina (Ungarn).

*) Nach Bouvard zeigte dieses Thermometer von 1817 bis 1834 im Maximum 11,989 (im J. 1829) und im Minimum 11,774 (im J. 1818, 1819); die Schwankung betrug daher während 18 Jahren blofs 0,215°.[18]

In kalten Gegenden, wo die Jahrestemperatur unter 0 steht, wird auch in jenen Tiefen konstant eine Temperatur unter 0 vorherrschen, und erst unterhalb der Grenze beginnt der konstant warme Boden; die oberhalb der Grenze gelegenen Bodenschichten aber werden abwechselnd gefrieren und auftauen. In Jakutsk pflegt die Bodenoberfläche in Sommer sich zu erwärmen und auch Ernten zu liefern, obschon einige Meter tiefer im Boden beständiger Frost herrscht[21]. In heißen Gegenden ist der Boden warm, dort giebt es keine kühlen Keller und Quellen. Eine Quelle mit konstanter Temperatur, die der mittleren Jahrestemperatur der Luft annähernd gleich kommt, wird aus der Gegend der konstanten Jahrestemperatur, also beiläufig aus 30 m Tiefe gespeist; konstant wärmere Quellen entspringen aus größeren, die im Winter warmen und im Sommer kühlen Quellen aber aus geringeren Tiefen im Boden.

Wenn man von der oberen Grenze der konstanten Temperatur in die Erde vordringt, steigt die Bodentemperatur successive an, ist aber auch hier in jeder Schicht für sich konstant. Diese successive Wärmezunahme der Erdkruste in die Tiefe wird aus den Temperaturbeobachtungen zahlreicher Tiefquellen, Bergwerke und Tunnels gefolgert, und die Erfahrung lehrt, daß die Zunahme ziemlich regelrecht und gleichmäßig erfolgt, obschon sie durch die verschiedene Wärmeleitung der Gesteine, ferner durch eventuell in der Nähe fließende (wärmere oder kältere) Quellen einigermaßen gestört werden kann.

Am verläßlichsten sind die bei Tiefbohrungen gefundenen Temperaturen. Bei den tiefsten Bohrungen entfiel 1° C. Wärmezunahme auf folgende Tiefen[22]:

| Ort | Erreichte Tiefe in m | 1° C. Wärmezunahme entfällt auf m Tiefe |
|---|---|---|
| Sennewitz bei Halle a. S. | 1111,45 | 36,66 |
| Sperenberg bei Berlin | 1273,01 | 32,00 |
| Lieth (Holstein) | 1338,10 | 35,00 |
| Schladebach bei Leipzig | 1748,40 | 36,87 |

Auf Grund dieser und anderer Messungen kann also angenommen werden, daß die Temperatur der Erde auf je 35 m Tiefe um 1° C. zunimmt. Mithin wird die Tiefe einer Therme in Metern erhalten, wenn man von der Temperatur des Wassers die mittlere Jahrestemperatur der Luft am betreffenden Orte subtrahiert und den Rest mit 35 multipliziert*).

## 4. Die durch physikalisch-chemische Prozesse erzeugte Bodenwärme.

Von den physikalischen Prozessen, welche auf die Bodenwärme modifizierend einwirken, sind zu nennen: die Strömungen der Grundluft, welche, bald warm aus der Tiefe aufsteigend, oberflächlichere Bodenschichten erwärmt, bald kalt in die Tiefe sinkend, hier den Boden abkühlt; ferner die bereits erwähnte Wasserverdunstung aus dem Boden, welche abkühlend auf den Boden wirkt;

*) Die in Budapest erbohrte artesische Therme, welche aus einer Tiefe von 970,5 m emporsteigt, besitzt 73,92° C., — das Bohrloch selbst zeigte in einer Tiefe von 904 m 81,25° C, . . . Es entfallen sonach in Budapest 1° C. Temperaturzunahme schon auf je 12,5 m.

andererseits vermag der Boden aus der Luft Wasserdampf zu kondensieren, woraus — besonders im Humusboden — wahrnehmbare Temperaturerhöhungen resultieren. Ebenso führt eine Befeuchtung des trockenen Bodens durch Regen zu einer nicht unbedeutenden Wärmesteigerung (Meißner)[23]. Des weiteren kann auf kalte Grundwasserströme und warme Quellen mit ihren lokalen Einwirkungen verwiesen werden.

Von den chemischen Prozessen verdient die langsame Zersetzung der organischen Substanzen im Boden Erwähnung.

Alle die angeführten Kräfte vermögen aber die Erwärmung des Bodens kaum in berechenbarem Maße zu beeinflussen, weshalb wir sie auch nicht eingehender erörtern. Es soll bloß noch die experimentelle Erfahrung von Karlinsky erwähnt werden, daß es während der Fäulnis der Organe von Typhusleichen zu einer beträchtlichen Temperatursteigerung im Boden kommt[24].

1) *Ausführlicher bei:* **Müller-Pouillet**, *Kosmische Physik* (1872). — **J. Hann**, *Handb. d. Klimatologie, Stuttgart* (1883). — **A. Woeikof**, *Die Klimate der Erde, Jena* (1887). — **S. Günther**, *Lehrb. d. phys. Geographie, Stuttgart* (1891) *u. a.*
2) **Schübler**, *Grundsätze der Agrikulturchemie* (1830).
3) *Ueber die Bodentemperatur in St. Petersburg und Nukufs, Repert f. Meteor. VI; vgl* **Soyka**, *a. a. O.*, 147.
4) **Müller-Pouillet**, *Kosmische Physik* (1872).
5) **S. Dehérain**, *Cours de chimie agricole, Paris* (1873). — **Pfaundler**, *Pogg. Ann.* (1866). — **Liebenberg**, *Untersuch. üb. Bodenwärme, Halle* (1875). — **Lang**, *Forsch. auf d. Geb. d. agrik. Phys*, 1. *Bd. u. a.*
6) **L. A. Mayer**, *Lehrb. d. Agrik. Chemie, Heidelberg* (1871), 2. *Bd.* 118. *Ferner:* **Dehérain, Lang**, *a. a. O.*
7) *Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden u. s. w., Aschaffenburg* (1873).
8) *Deutsche V. f. öff. Ges.*, 7. *Bd.*
9) *Vgl.* **Soyka**, *Der Boden*, 150.
10) **Pott**, *Landwirtschaftl. Versuchsstat.*, *XX, s. auch* **Soyka**, *a. a. O.*
11) *Vgl.* **Soyka**, *Boden*, 161.
12) *S.* **Soyka**, *a. a. O. Boden* 161
13) *S.* **Soyka**, *a. a. O.* 165.
14) **G. Schenzl**, *Jahrb. d. königl. ungar Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus* (1874).
15) **Fleck**, *I.—V. Jahresb. d. chem. Centralstelle* (1872—76) *etc.*
16) **Fodor**, *Hyg. Untersuch. über Luft, Boden und Wasser, II. Abt.*, 68.
17) *Vgl.* **Delbrück**, *Z. f. Biol.* (1868). — **Pfeiffer**, *daselbst* (1871). — **Fodor**, *V. f. öff. Ges.* (1875), *Heft* 2.
18) **Soyka**, *Boden*, 162
19) **Soyka**, *a. a. O.* 165.
20) **Soyka**, *a. a. O.* 161.
21) *S. die Tabelle von* **Wild** *bei* **Soyka**, *a. a. O.*, 165, 166.
22) **S. Günther**, *Lehrb. d. phys. Geographie, München* (1891), 53.
23) *Ueber die beim Benetzen pulverförmiger Körper auftretende Wärmetönung, Leipzig* (1886).
24) *Arch. f. Hyg*, 13. *Bd.*, 333. *Siehe auch* **Schottelius**, *Centrbl f. Bakter.* 7. *Bd.* 265 (1890).

DRITTES KAPITEL.

# Bodenfeuchtigkeit und Grundwasser.

## 1. Befeuchtung des Bodens durch atmosphärische Niederschläge.

Aller Wasserdampf, der von der Oberfläche der Meere, Seen, Flüsse sowie vom feuchten Boden verdunstet, wird zeitweilig als Regen und Schnee auf die Oberfläche unseres Bodens niedergeschlagen. Dadurch entsteht ein fortwährender Kreislauf des Wassers in der Natur, dessen Bedeutung für das animalische und vegetabilische Leben, ja für die äußere Gestaltung der Oberfläche der Erde nicht hoch genug anzuschlagen ist.

Wir wollen hier aber bloß jenen Teil dieses Vorganges betrachten, welcher in den oberen Bodenschichten abläuft und für das hygienische Verhalten des Bodens von besonderer Bedeutung ist.

Nach allgemeiner Schätzung pflegt von dem auf den Boden fallenden Regenwasser $^1/_3$ oberflächlich in die benachbarten Bäche, Flüsse etc. abzufließen; hierdurch werden eventuell Ueberschwemmungen verursacht, auf deren sanitäre Bedeutung an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden kann.

Ein zweites Drittel des Wassers wird wieder verdunsten und sich mit den übrigen Dämpfen im Luftmeer vermengen, um bei nächster Gelegenheit wieder als Regen zur Erde zurückzukehren; diese von der feuchten Bodenoberfläche verdunstenden Wassermengen sind es hauptsächlich, welche die Luft über nassen Ebenen feucht machen.

Das letzte Drittel des Wassers endlich wird in den Boden eindringen und hier wichtige hygienische Prozesse hervorrufen.

Es ist klar, daß die Verteilung nach Dritteln nur einer ganz oberflächlichen Schätzung entspricht, und dass in konkreten Fällen sehr bedeutende Abweichungen obwalten können. In diesen Fällen ist die Abweichung durch offenbare Gründe motiviert; so wird z. B. auf einem geneigten Terrain ein größerer Bruchteil des Regenwassers oberflächlich abfließen und weniger in den Boden eindringen, als an ebenen oder muldenförmigen Stellen, und ersteres infolgedessen trockener sein als die letzteren.

Die eindringende Wassermenge muß aber auch nach den Verdunstungsverhältnissen verschieden sein. Doch darf nicht außer Acht gelassen werden, daß von einer feuchten Bodenfläche im großen Ganzen mehr Wasser verdunsten wird als von einer gleich großen Wasserfläche, weil der Boden mit seiner nicht glatten, sondern unebenen Oberfläche der austrocknenden Luft eine größere Berührungsfläche darbietet als ein glatter Wasserspiegel. Dies ist aber nur so lange der Fall, als die Bodenoberfläche reichlich befeuchtet ist, also unmittelbar nach einem Regen; in dem Maße, als dieselbe austrocknet, wird die Verdunstung immer langsamer vor sich gehen, bis sie endlich, nachdem die oberflächliche Schicht eine gewisse Trockenheit erlangt hat, sehr gering wird, wo dann nur die von unten durch Kapillarität (s. diese) gehobene Feuchtigkeit verdunstet.

Hieraus ist erklärlich, warum die üblichen meteorologischen Angaben über Regenmenge und Verdunstungsgröße ein richtiges Bild von den Wassermassen, die in den Boden eindringen oder wieder verdunsten, nicht liefern. Nach jenen Angaben würde, namentlich in kontinentalen Gegenden, mehr Wasser von der Wasserfläche des gefüllten Evaporimeters verdunsten, als die gesamte Niederschlagsmenge ausmacht, was doch ganz falsch sein muß. So würde zu Petro-Alexandrowsk (Centralasien, 51,5 ° n. Br., 61,1 ° ö. Lg.) einer jährlichen Niederschlagsmenge von 6,5 cm gegenüber die Verdunstung 232 cm betragen [1].

Andere vergleichen auf einem Gebiete die Niederschlagsmenge mit der Wassermenge der von demselben Gebiet abgeleiteten Wasserläufe oder Drainröhren und folgern hieraus, wie viel Wasser im Boden verblieben ist.

Ein richtigeres Bild von der verdunsteten und in den Boden eingedrungenen Wassermenge liefern die sogen. lysimetrischen Beobachtungen, welche anzeigen, wie viel von dem auf die Bodenoberfläche gefallenen Regenwasser in die in verschiedener Tiefe im Boden untergebrachten Sammelgefäße gelangt. Obschon es eine große Anzahl solcher Beobachtungen giebt, muß doch konstatiert werden, daß aus denselben eine genaue allgemeine Regel nicht abgeleitet werden kann, weil die Menge des in die Tiefe dringenden Regenwassers von den kompliziertesten konkreten Lokalverhältnissen abhängig ist. Immerhin wird der in die Tiefe gelangende Teil in Deutschland auf 11,7—17,9 Proz., und in England auf 14,9—24,3 Proz. der Regenmenge geschätzt [2].

In der Nähe des Meeres ist, infolge größeren Wassergehaltes der Luft, die Verdunstung geringer, es wird also mehr Wasser in den Boden eindringen; auch im Winter und Frühjahr ist die Verdunstung geringer als im Sommer und Herbst, es wird also im ersteren Fall mehr Regenwasser in die unteren Bodenschichten gelangen als im letzteren. Im Sommer und Herbst kann es sogar, bei sehr trockenem Boden, vorkommen, daß selbst bei einem starken Regenfall überhaupt nichts bis in die tieferen Bodenschichten vordringt, sondern erst in den oberen Schichten zurückgehalten wird und dann von hier wieder verdunstet. Nach den im großen Maßstab angestellten Beobachtungen von Risler [3] betrug nämlich auf Feldern das durch Drainrohre (also in tieferen Bodenschichten angelegte Sammler) abfließende Wasser

| | | |
|---|---|---|
| im Winter | 67,3 | Proz. der gesamten Regenmenge |
| „ Frühjahr | 35,5 | „ „ „ „ |
| „ Sommer | 0,2 | „ „ „ „ |
| „ Herbst | 9,5 | „ „ „ „ |

Die Befeuchtung des Bodens durch das Regenwasser wird aber auch vom Verhalten des Bodens selbst gegen das eindringende Regenwasser reguliert. Wie der Boden sich zu Regen und Feuchtigkeit verhält, wird von den folgenden Bodenverhältnissen abhängen:

a) Durchlässigkeit (Permeabilität) des Bodens für Wasser*).

Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß gewisse kompakte Bodenarten (z. B. Granit, Schiefer) beinahe ganz undurchlässig sind, und ebensowenig bedarf es einer eingehenden Beweisführung, daß auch Granit durchlässig wird, wenn sich Spalten bilden und diese mit Detritus ausgefüllt werden.

Ein vollkommen kompakter und wasserdichter Felsboden ist äußerst selten, denn es sind selbst scheinbar kompakte Felsböden eigentlich nicht impermeabel; klare Beweise liefern hierzu die an vielen Orten gebräuchlichen, aus kompaktem Sand- oder Kalkstein (besonders aus Kalktuff) gefertigten Filtersteine. Inbesondere Pettenkofer hat in seinen Schriften wiederholt darauf aufmerksam gemacht, wie irrtümlich es ist, wenn man einen sogenannten Felsboden eo ipso für wasserundurchlässig hält. Er wies namentlich Drasche gegenüber nach, daß der Felsboden des Karstgebirges sehr zerklüftet und leicht permeabel ist; desgleichen hat er die Wasserdurchlässigkeit der Felsböden von Malta und Gibraltar (Sandstein) bewiesen [4].

Aber auch der gewöhnliche, verwitterte Boden zeigt sich von verschiedener Durchlässigkeit für das auffallende Regenwasser. Dies kann durch einen einfachen Vorlesungsversuch demonstriert werden:

Man bringe in Glasröhren oder Trichter von gleicher Weite, deren untere Oeffnung mit Glasperlen und durchbohrten Gummipfropfen verschlossen sind, verschiedene natürliche Bodenproben, wie: Kies, Grobsand, Feinsand, sandigen Lehm, reinen plastischen Lehm (Thon), Humus, Torfboden u. s. w., benetze dieselben und gieße dann auf jede Probe die gleiche Menge Wasser auf; letzteres wird vom Kies sofort, von den übrigen Bodenproben aber erst später ablaufen. Von einigen (plastischem Thon) läuft aber selbst nach Tagen überhaupt nicht ein Tropfen ab.

Die verschiedene Permeabilität der einzelnen Bodenarten für Wasser ist bereits durch zahlreiche Versuche festgestellt: So hat sich Schwarz [5] aus folgenden Bodenarten Proben von 10 cm Höhe und 10 cm Oberfläche bereitet und unter gleichem Druck Wasser durch dieselben filtrieren lassen; es waren binnen 24 Stunden durchgeflossen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| durch | Quarzsand | 5760 | ccm |
| „ | Lösslehm | 1674 | „ |
| „ | Moorboden | 1 | „ |
| „ | Thon | 0,7 | „ |

Zahlreiche Versuche wurden auch zur Ermittelung der Ursachen dieser verschiedenen Permeabilität angestellt. Das Ergebnis

*) Die Durchlässigkeit des Bodens für Wasser und das übrige Verhalten des Bodens gegenüber dem Wasser und der Feuchtigkeit findet man in landwirtschaftlichen und hygienischen Büchern mit sehr abweichenden Nomenclaturen bezeichnet. Das führt häufig zu Mifsverständnissen, zu deren Vermeidung ich die im folgenden benutzten Benennungen für zweckmäfsig halte.

läßt sich im allgemeinen dahin resumieren, daß die Permeabilität des Bodens für Wasser von der Korngröße des Bodens abhängt. Ein feinkörniger, z. B. ein Lehmboden, ist sehr wenig permeabel[6]. Vermindert wird die Permeabilität selbst in einem grobkörnigen Boden, wenn zwischen das grobe Material auch nur wenig feiner Detritus, besonders Thon gemengt ist[7]. Desgleichen wird die Permeabilität durch organische Substanzen und ganz besonders durch Setzen und Stampfen des Bodens vermindert, während ein gelockerter, wenn auch lehmiger Boden das Wasser leichter durchläßt.

Aus alledem folgt, daß das Wasser von einem Lehmboden, besonders wenn dieser Ebenen oder Mulden bildet, nicht nur schwach ablaufen, sondern auch nur langsam in die Tiefe eindringen kann. Ein Lehmboden ist daher zur Feuchtigkeit und Sumpfbildung geeignet, während grobkörnige permeable Bodenarten (Kies, Sand) das Wasser nicht auf der Oberfläche zurückhalten, nicht feucht und nicht sumpfig sind.

### b) Wasserbindende Kraft des Bodens.

Eine auffallende Eigenschaft des Bodens ist es, daß auf einen trockenen oder doch nicht gesättigten Boden aufgegossenes Wasser zwar darin zurückgehalten wird, aber nur in einer bestimmten, für die einzelnen Bodenarten konstanten Menge. Was über diese hinaus aufgegossen wird, fließt unvermindert ab.

Dies kann durch folgenden Vorlesungsversuch demonstriert werden: Man bringt verschiedene lufttrockene Bodenproben von bekanntem Gewicht oder Volumen in der oben (S. 70) beschriebenen Weise in Glastrichter oder Röhren, wo sie festgestampft werden. Dann gießt man abgemessene, überschüssige Wassermengen auf. Von den einzelnen Bodenproben werden nun verschiedene Wassermengen abfließen, also auch verschiedene Mengen im Boden zurückbleiben. Wird noch mehr Wasser aufgegossen, so sieht man dieses — mit Berücksichtigung des Verdunstungsverlustes — unverkürzt abträufeln. (Bei humösem Boden, welcher das Wasser nur langsam aufnimmt, muß man vorsichtig aufgießen, da eine Zeit lang von neueren Wassermengen immer noch etwas zurückgehalten wird.)

Auf diese Weise gelingt es, die wasserbindende Kraft des Bodens, d. h. diejenige Wassermenge zu bestimmen, die ein Boden im Gewichts- oder Volumenverhältnis im Inneren zurückzuhalten, zu binden imstande ist.

Aehnliche Versuche wurden mit verschiedenen Bodenarten in großer Anzahl ausgeführt. Bei den Versuchen von Schübler[8] waren von dem im Ueberschuß aufgegossenen Wasser zurückgehalten worden:

| Bodenart | in 100 Gewichtsteilen trockenen Bodens | in 1000 Raumteilen trockenen Bodens |
|---|---|---|
| Quarzsand | 25 Gewichtst. Wasser | 499 Raumt. Wasser |
| Gips | 27 ,, ,, | 501 ,, ,, |
| Kalksand | 29 ,, ,, | 582 ,, ,, |
| Sandiger Lehm | 40 ,, ,, | 682 ,, ,, |
| Reiner Thon | 70 ,, ,, | 875 ,, ,, |
| Kalkhaltiger Lehm | 85 ,, ,, | 808 ,, ,, |
| Humöser Boden | 190 ,, ,, | 935 ,, ,, |

Ein Kiesboden hält noch weniger Wasser zurück, als in obiger Versuchsreihe der Quarzsand, andererseits Torf noch mehr als ein

einfach humöser Boden. Wie bekannt, giebt es Torfarten, welche das Zehnfache ihres Gewichtes an Wasser aufnehmen und zurückhalten können.

Aus den einschlägigen Versuchen geht klar hervor, daß die wasserbindende Kraft von den zwischen den Erdpartikeln befindlichen kapillaren Hohlräumen abhängt. Je feinkörniger ein Boden ist, um so mehr Hohlräumchen von kapillarer Feinheit muß er (wie unten gezeigt wird) enthalten, und um so größer ist auch seine wasserbindende Kraft. Das in den Boden gelangende Wasser wird ja diese Kapillarräume occupieren und infolge der bekannten Kapillaritätsgesetze dem Boden um so fester anhaften, je enger die Kapillarröhren sind. So fand z. B. Hofmann[9] folgende Werte für die wasserbindende Kraft von Quarzsand Kiesgemengen von verschiedenem Korn:

| 1. Korngröſse | 2. Freies Porenvolumen | 3. Volumen des zurückgehaltenen Wassers auf 1000 Vol. Boden | 4. Prozente des Porenvolumens, die mit Wasser erfüllt wurden |
|---|---|---|---|
| Kleiner als 0,5 mm | 41,3 % | 347 | 84,0 |
| „ „ 0,5 „ | 41,3 „ | 270 | 65.4 |
| „ „ 1,0 „ | 40.0 „ | 150 | 37.5 |
| „ „ 2,0 „ | 41.0 „ | 98 | 23.9 |
| „ „ 3.0 „ | 41.8 „ | 77 | 18.4 |
| „ „ 5.0 „ | 43.4 „ | 55 | 12.7 |

Das heißt: je feinkörniger der Boden war (1), also je feiner die Kapillarräume, um so mehr Wasser wurde zurückgehalten (3), denn ein um so größeres Prozent der Kapillarräume wurde mit durch Kapillarität zurückgehaltenem Wasser erfüllt (4). In einem grobkörnigen Boden hingegen werden, da die Hohlräume zwischen den Erdteilchen sehr weit sind, die Bodenpartikel bloß oberflächlich benetzt. Es wird in den Zwischenräumen nur sehr wenig Wasser zurückgehalten und nur ein geringer Bruchteil der Räume durch Wasser erfüllt.

Renk kam zu dem interessanten Ergebnis, daß die gebundene Wassermenge größer ist, wenn die Durchfeuchtung von unten aufsteigend (mittelst Einstellen in Wasser) erfolgt, als wenn das Wasser (mittelst Begießen) von oben nach abwärts in den Boden eindringt[10]. Dies ist offenbar so zu erklären, daß die Bodenprobe vom aufsteigenden Wasser gleichmäßiger durchdrungen wird, als wenn das Wasser vermöge der Schwerkraft nach abwärts eilt, hierbei stellenweise einzelne Bodenteile inselartig einschließt und die enthaltene Luft am Entweichen behindert.

Hieraus ergiebt sich, daß in den oberflächlichen Schichten eines feinkörnigen Bodens sehr große Mengen Regenwasser zurückgehalten werden können. In einem Lehmboden wird von dem auf die Oberfläche gelangten Regenwasser, selbst bei Platzregen, kaum etwas in die tieferen Bodenschichten vordringen, wenn die Oberfläche trocken war, weil letztere alles Wasser absorbiert. So kann z. B. ein Niederschlag von 50 mm Höhe schon durch eine 57 mm starke Schicht Lehmboden (oder 100 mm Quarzsand), falls der Boden trocken ist, vollständig gebunden werden, so daß gar nichts in die tieferen Bodenschichten gelangt. Dies beweisen auch die sogenannten lysimetrischen Beobachtungen, wie sie z. B. bei Pfeiffer zu lesen sind[11].

Die wasserbindende Kraft wird also in einem feinkörnigen Lehm-, Humus- oder Torfboden starke Feuchtigkeit verursachen; in diesen Bodenarten können große Wassermengen aufgespeichert werden und

dann in die auf dem Boden stehenden Gebäude gelangen. Ein jeder Kubikmeter Lehmboden magaziniert 600—800 kg Wasser neben oder unter unsere Wohngebäude, und trägt dazu bei, daß die Wände konstant mit Feuchtigkeit benetzt werden, während ein Kiesboden, welcher kaum 50 kg Wasser pro Kubikmeter bindet, den Gebäuden nur wenig Feuchtigkeit mitteilt.

Auch ein verunreinigter Boden mit einem hohen Gehalt an organischen Substanzen wird aus den genannten Gründen feuchter sein als ein reiner Boden. Ersterer hat eine größere wasserbindende Kraft und wird mehr Wasser zurückhalten (*Fodor*, *Hofmann*).

Wenn ein Boden bis zur Grenze seiner wasserbindenden Kraft durchfeuchtet ist, erhöht eine weitere, reichliche Befeuchtung die absorbierte Wassermenge nicht mehr. Dies geht z. B. aus den Versuchen von *Hofmann* hervor, wo Bodenproben von verschiedener Korngröße benetzt und dann mit gleichen Wassermengen (je 50 ccm) begossen wurden; es waren stets wieder 50 ccm (oder doch sehr nahe so viel) abgeflossen.

Noch interessanter und wichtiger ist aber die Thatsache, daß, sobald man auf einen bis zur Grenze der wasserbindenden Kraft saturierten Boden neue Wassermengen aufgießt, im selben Moment das Wasser unten abzuträufeln anfängt. Das heißt: nicht das *frisch aufgegossene Wasser* gelangt nach unten, sondern dasjenige, welches früher in den Bodenkapillaren sich befunden hat, verläßt den eingenommenen Raum und an dessen Stelle dringt *frisches* Wasser in den Boden ein. Durch frisch aufgegossenes Wasser wird also das vorhin dort befindliche deplaciert.

Dies geschieht auch im nicht saturierten Boden, wenn das alte und neue Wasser zusammen die wasserbindende Kraft des Bodens übersteigen, und zwar entspricht die deplacierte Menge genau diesem Plus.

Ebenso wie in dem geschilderten Versuch wird das auf einen feuchten Boden gefallene Regenwasser das im Boden vorhandene Wasser *vor sich her* drängen, in den *tieferen* Bodenschichten werden die aus den *oberen* Schichten durch neuere Regenfälle deplacierten Wassermassen auftreten, und die oberen Schichten werden immer von den neu hinzutretenden Wassermengen gefüllt. Auf diese Weise kann es geschehen, daß der Regenfall das eine Mal eine Wassermasse deplaciert und in die Tiefe (ins Grundwasser) drängt, welche *längere Zeit hindurch in verunreinigten Bodenschichten gestanden und diese ausgelaugt hatte*, während zu anderen Zeiten, durch rascher sich wiederholende Regenfälle, Wassermassen deplaciert und in das Grundwasser gedrängt werden, welche in den verunreinigten Bodenschichten nur kurz verweilt und dieselben auch kaum ausgelaugt hatten.

Dieses Deplacieren des älteren Wassers durch neueres und das schichtenweise Abwärtsdringen von mehr oder minder verunreinigten Wässern, wird sehr zutreffend durch die Versuche von *Hofmann*[12] illustriert, in welchen auf die Bodenproben abwechselnd Kochsalzlösungen und reines Wasser gegossen wurden. Es stellte sich hierbei heraus, daß das reine Wasser die Kochsalzlösung und vice versa einfach vor sich her drängt, und die aufgegossenen Flüssigkeiten ohne Mischung in derselben Reihenfolge, wie sie aufgegossen wurden, abträufeln.

Diese Erscheinungen sind überaus wichtig. *Wir verstehen jetzt, wie* das Wasser in mit organischen Substanzen verunreinigten

Boden vordringt und wie eine zeitweilige Verunreinigung des Grundwassers (der Brunnen) durch das von oben herabfiltrierte Wasser zustande kommt.

c) Wasserfassungsvermögen des Bodens = Wasserkapazität.

Von der wasserbindenden Kraft des Bodens zu unterscheiden ist seine Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, d. h. die Wasserkapazität. Hierunter versteht man diejenige Wassermenge, die ein gewisses Gewicht oder Volumen Boden zu fassen imstande ist*). Die Kapazität hängt davon ab, wie viel Hohlraum sich zwischen den Erdpartikeln befindet, ist also dem Porenvolumen des Bodens ganz kongruent. Weiter unten, bei der Besprechung des Luftgehalts des Bodens wird gezeigt werden, daß je feinkörniger ein Boden, um so größer auch die Summe seiner Hohlräume ist. Nach direkten Bestimmungen beträgt die Summe der Hohlräume 25—50 Proz. des Bodenvolumens, kann aber in Torfboden bis 80 und mehr Volumenprozente erreichen. Im Mittel enthält der natürliche verwitterte Boden mindestens 30 Proz. seines Volumens an Hohlräumen. Den Hohlräumen wird auch das Fassungsvermögen der Bodenarten für Wasser oder die Wasserkapazität entsprechen. Diese Größe ist besonders darum wichtig, weil sie aussagt, wie viel Wasser in einer vollkommen erfüllten Bodenschicht enthalten ist, also wie viel Brunnen- oder Trinkwasser aus verschiedenen Bodenarten zu erwarten steht.

d) Einfluß der Kapillarität des Bodens auf die Bodenfeuchtigkeit.

Die Kapillarität fixiert einerseits das in den Boden gelangende Wasser und hilft andererseits dasselbe im Boden zu verteilen und auszugleichen. Vermöge der Kapillarität wird die Feuchtigkeit sich allmählich von Kapillare zu Kapillare, von der sehr feuchten Stelle zur minder feuchten so lange bewegen, bis der Wassergehalt in jedem Bodenquerschnitt der gleiche ist.

Von diesen durch die Kapillarität bewirkten Bewegungen der Feuchtigkeit ist die aus den tieferen zu den oberflächlichen Bodenschichten gerichtete für uns am wichtigsten.

Für die verschiedenen Bodenarten ist die Kapillaritätsgröße verschieden groß. Das geht aus Meister's Versuchen hervor.

Derselbe[13] hat verschiedene Bodenarten in Glasröhren gebracht, in Wasser gestellt und das Aufsteigen der Feuchtigkeit beobachtet. Dasselbe erfolgte in Lehmboden zwar langsam, aber anhaltend, und das Wasser gelangte auf beträchtliche Höhen. In Quarzsand hingegen stieg das Wasser zwar schnell empor, aber binnen kurzem verlangsamte sich das Aufsteigen und hörte ganz auf, sodaß die in den beiden Bodenproben während der ersten halben Stunde erreichten

*) Diese beiden Begriffe findet man in landwirtschaftlichen und hygienischen Fachwerken häufig promiscue gebraucht, und sowohl das Bindungs- als das Fassungsvermögen des Bodens als Kapazität bezeichnet, und zwar das erstere als absolute oder kleinste, das letztere als volle oder größte Wasserkapazität. Ich halte die von mir befolgte Nomenklatur für zweckmäßiger.

Steigehöhen sich wie 340 zu 440, nach $21^1/_2$ Stunden aber wie 2000 zu 1170 verhielten*).

Die Steigehöhe ist hauptsächlich von der Feinheit der kapillaren Zwischenräume abhängig. Nach Edler (Soyka a. a. O.) betrug sie in Alluviallehm von verschiedener Korngröße:

| Das Wasser war gestiegen cm | Korngröfse in Millimetern I 1,0—0,5 | II 0,5—0,25 | III 0,1—0,05 | IV 0,01 |
|---|---|---|---|---|
| Nach 24 Stunden | 6 | 16 | 56 | 11 |
| im Maximum | 10 | 27 | 70,5 | 97,25 |
| (in Tagen) | (126) | (55) | (38) | (142) |

Ueber die maximale Höhe, bis zu welcher das Wasser durch Kapillarität in einem natürlichen Boden aufsteigen kann, sind nur wenig Untersuchungen bekannt. Und doch wäre es in hygienischer Beziehung wichtig, gerade hierüber näheres zu wissen, weil es ja gerade von der maximalen Steigehöhe abhängt, ob und aus welcher Tiefe das Grundwasser imstande ist, die Fundamentmauern von Gebäuden, ferner die oberflächlichen, mehr verunreinigten Bodenschichten zu durchfeuchten.

Am lehrreichsten ist noch die Angabe von Vincent[14], der es als erwiesen annimmt, daß das Wasser durch Kapillarität im Sandboden bloß 0,5 m hoch ansteigt, in Moortorf aber auch 6 m erreichen kann.

Hiernach müßte in feinkörnigen Bodenarten, wie Lehm, Feinsand, insbesondere aber in Torf und in einem an organischen Substanzen reichen Boden der Abstand von den Grundmauern der Gebäude bis zum Grundwasserspiegel größer sein als z. B. in Kies- oder grobkörnigem Sandboden.

In einem durch aufsteigende Kapillarität befeuchteten Boden sind die Hohlräume zwischen den Erdpartikeln nicht ganz vollständig mit Wasser angefüllt. Mit zunehmender Entfernung vom Grundwasserspiegel nimmt die Zahl der vom Wasser erfüllten Hohlräume ab, und es bleiben nur die allerfeinsten Kapillarräume mit Wasser erfüllt.

Durch die Kapillarität wird die Bodenfeuchtigkeit in konstanter Bewegung erhalten, deren Richtung vom Grundwasser zur Bodenoberfläche gerichtet ist, weil an dieser durch Austrocknen fortwährend Wasser verdunstet. Doch ist dieselbe physikalische Kraft offenbar nach allen Richtungen, nicht bloß nach aufwärts hin thätig. Es muß im allgemeinen von feuchteren Bodenschichten zu den trockeneren hin ein konstanter Strom bestehen, welcher sogar kräftiger sein kann als der nach aufwärts gerichtete, weil z. B. nach den Seiten hin die Schwere des Wassers der Kapillarität minder entgegenwirkt. Aus diesem Grunde würde das Wasser durch Kapillarität nach abwärts am raschesten geleitet werden, da hier beide Kräfte in derselben Richtung wirken. Daß aber die Schwerkraft nicht über die Kapillarität zu überwiegen vermag, ist durch die beträchtliche wasserbindende Kraft

*) Dieser Versuch eignet sich auch als Vorlesungsdemonstration, wenn man verschiedene Bodenproben, die 1 und 24 Stunden in Wasser gestanden hatten, vorweist. Nach 1 Stunde steht das Wasser noch im Sandboden höher, nach 24 Stunden aber schon im Lehmboden. Die Bodenproben dürfen nicht festgestampft werden, weil dann die Erdsäule — besonders im Lehmboden — unterbrochen und das Wasser nicht aufsteigen wird.

der Bodenarten bewiesen. In der That wird Kapillarität wieder nur durch kapilläre Kräfte, resp. durch Austrocknen überwunden; d. h. den vermöge ihrer wasserbindenden Kraft kapillare Feuchtigkeit enthaltenden Bodenschichten kann das Wasser nur durch die kapillare Attraktion benachbarter trockener Schichten entzogen werden. Die kapillare Feuchtigkeit wird also den bisher eingenommenen Raum zum Teil verlassen und sich verteilen, wenn in den anstoßenden Teilen der Boden austrocknet und der Wassergehalt in den kapillaren Hohlräumen abnimmt. Auch diese Bewegung der kapillaren Feuchtigkeit ist eine kontinuierliche und von den feuchteren Bodenschichten zu den minder feuchten gerichtet. Damit der Boden an die benachbarten trockenen Schichten Feuchtigkeit abgebe, dazu braucht er selbst gar nicht reichlich oder gar über die Grenze der wasserbindenden Kraft hinaus gesättigt zu sein; es genügt vielmehr, wenn die anstoßende Bodenschicht trockener ist. Nur das ist wichtig, daß die kapillaren Hohlräume im trockenen Boden ebenso fein seien als im feuchten, weil sonst die Kapillarkraft des trockenen Bodens nicht imstande ist, diejenige des feuchten Bodens zu überwältigen.

Daß das Wasser aus durch Kapillarität mehr befeuchteten Bodenschichten in die minder befeuchteten auch dann sich bewegen wird, wenn die kapillaren Hohlräume nicht ganz mit Wasser erfüllt sind, geht aus der Beobachtung von Liebenberg[15] hervor, wonach das Aufsteigen der Feuchtigkeit in der Bodenprobe fortdauerte, nachdem das untere Ende der Röhre aus dem Wassergefäß herausgehoben war.

Wir sehen also in der Kapillarität eine wichtige Kraft, welche auf die Bodenfeuchtigkeit fortwährend ausgleichend wirkt. Eine beachtenswerte Folge dieser Wirkung ist die, daß die Feuchtigkeit auch in den von Gebäuden bedeckten Bodenpartien schwanken muß; denn obschon hier kein Regenwasser auf die Bodenoberfläche gelangt, wird die Feuchtigkeit von dem umliegenden regenbefeuchteten Areal auch unter das Gebäude in dem Maße einsickern, als jenes Areal feucht ist und als sich die Kapillaritäten der beiden Bodenarten zu einander verhalten. Wenn der Boden unter dem Gebäude bedeutendere kapillare Eigenschaften besitzt als der umliegende, wird die Feuchtigkeit größtenteils unter das Gebäude hinziehen, im entgegengesetzten Fall aber dem umliegenden Boden, auch bei überschüssiger Feuchtigkeit, nur wenig entzogen werden. Demgemäß muß im Frühjahr, wenn der Boden in der Umgebung der Häuser von Schnee und Regen mit Feuchtigkeit getränkt ist, diese infolge der Kapillarität unter die Häuser abgegeben werden, weil jetzt hier der Boden trockener ist; das Gegenteil geschieht gegen den Herbst, zu welcher Zeit der umliegende Boden durch die ungehinderte Verdunstung sein Wasser allmählich verloren hat; jetzt wird das kapillare Wasser vom Untergrund der Häuser, wo die Verdunstung mehr behindert war, in die Umgebung austreten.

Diese Bewegungen und Ortsveränderungen der Bodenfeuchtigkeit sind noch nicht hinlänglich studiert und gewürdigt worden.

### e) Absorption von Wasserdampf im Boden*).

Ein mehr oder minder trockener Boden vermag aus der feuchteren

*) Auch wasseranhaltende, wasserabsorbierende, wasserkondensierende Kraft des Bodens genannt.

Luft Wasserdampf zu absorbieren. Aus den zahlreichen einschlägigen Untersuchungen (Babo, Ammon u. a.) mögen hier einige Angaben von Schübler[16] folgen, welche die Frage richtig beleuchten.

Gleiche Gewichtsmengen (je 5 g) getrockneter Bodenproben wurden flach verteilt und in einer mit Wasserdampf nahezu gesättigten Luft (von 19° C.) exponiert; die Gewichtszunahme betrug auf 1000 Gewichtsteile berechnet:

| nach | 12 h | 24 h | 48 h | 72 h |
|---|---|---|---|---|
| Quarzsand . . . | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kalksand . . . . | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Lettenartiger Thon . | 21 | 26 | 28 | 28 |
| Lehmartiger Thon . | 25 | 30 | 39 | 35 |
| Reiner grauer Thon | 37 | 42 | 48 | 49 |
| Humus . . . . | 80 | 97 | 110 | 120 |

Wie ersichtlich, ist die Absorption von Wasserdampf ein ziemlich bedeutender Faktor für die Durchfeuchtung des Bodens. Letztere erfolgt hier hauptsächlich in der oberflächlichen Bodenschicht; hier wird im Sommer und Herbst nach dem Austrocknen am Tage aus der Abendluft Feuchtigkeit absorbiert, und auch die aus dem Boden aufsteigende feuchte Grundluft wird ihren Wasserdampf zum Teil hier verlieren, wenn die oberflächliche Bodenschicht stark ausgetrocknet ist.

Diese Art Bindung von Wasserdampf kann in einem humösen Boden bei feuchter Luft bewirken, daß die Vegetation auch ohne Regenfälle längere Zeit am Leben bleibt, und ist für diese in regenlosen, heißen Gegenden ein wahrer Segen. In hygienischer Beziehung kann dieselbe weniger mit wichtigeren Thatsachen in Zusammenhang gebracht werden.

### f) Kondensation von Wasserdampf im Boden.

Wenn eine kalte Bodenschicht mit wärmerer, feuchter Luft in Berührung tritt, wird sich der Wasserdampf auf dem Boden kondensieren. Dies geschieht an kühlen Abenden und in kalten Nächten an der Oberfläche des durch Ausstrahlung rasch sich abkühlenden Bodens und auf den Pflanzen, die ihn bedecken. Durch Kondensation entstehen je nach der Temperatur Tau oder Reif. Doch wird auch die aus den wärmeren Bodenschichten aufsteigende feuchte Grundluft (s. unten) beim Durchgang in den kälteren Bodenschichten ihren Wasserdampf zum Teil niederschlagen.

Das sind also wiederum neue physikalische Kräfte, die zur Durchfeuchtung des Bodens und zur gleichmäßigen Verteilung der Bodenfeuchtigkeit beitragen. Aber auch hier müssen wir gestehen, daß die geschilderten Erscheinungen wohl für den Ackerbau von großer Wichtigkeit sind, in ihren hygienischen Beziehungen aber vorläufig noch der Würdigung harren *).

### g) Austrocknung des Bodens.

Die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens werden noch wesentlich durch die Verdunstung des Wassers aus dem Boden, durch

*) Einige Autoren (Volgers u. a.) meinen, dafs alles Grund- und Quellwasser aus der Luft kondensiert wäre, doch ist diese Ansicht hinreichend widerlegt worden (von Soyka, Hann, Wollny, Ebermayer), sodafs Günther mit Recht beantragen konnte, sie aus der Diskussion zu streichen. Lehrb. d. physik. Geographie, Stuttgart (1891), 336.

die Austrocknung des letzteren beeinflußt. Diese ist im wesentlichen von zwei Faktoren abhängig: von der Luft, die austrocknend wirkt, und vom Boden, der die Feuchtigkeit abgiebt.

Es braucht nicht eingehender motiviert zu werden, wie die Trockenkraft der Luft wieder von mehreren Faktoren, nämlich von Wassergehalt, Temperatur, Bewegung u. a. bestimmt wird; ebenso ist andererseits auch die Fähigkeit des Bodens, auszutrocknen, von mehreren Faktoren abhängig, von welchen als erstes das Bodenmaterial zu erwähnen ist.

Schübler[17] hat verschiedene Bodenproben mit Feuchtigkeit gesättigt und unter analogen Verhältnissen bei einer Temperatur von 15° R. zum Trocknen ausgesetzt. Nach 4 Stunden betrug der Verlust, auf je 100 Gewichtsteile gebundenes Wasser berechnet:

| | | |
|---|---|---|
| in Quarzsand . . . | 88,4 | Gewichtsteile |
| „ Kalksand . . . | 75.9 | „ |
| „ lettenartigem Thon | 52,0 | „ |
| „ lehmigem Thon . | 45.7 | „ |
| „ Humus . . . . | 20,5 | „ |

Hieraus kann gefolgert werden, daß die Trockenheit von Sandböden auch durch das rasche Austrocknen hervorgerufen wird, während lehmige, humöse und verunreinigte Bodenarten infolge des schwereren Austrocknens eine mehr konstante Feuchtigkeit besitzen werden.

Auf diese Verdunstung ist die Korngröße des Bodens von entscheidendem Einfluß; das geht aus obiger Tabelle sowie aus den Versuchen von Eser hervor (s. Soyka, a. a. O.).

Die Verdunstung wird selbstverständlich auf der Oberfläche des Bodens am raschesten vor sich gehen, da diese mit der größten Luftmenge in Berührung kommt, während sie in den tieferen Bodenschichten auf ein Minimum herabsinkt; ebenso selbstverständlich wird es sein, daß ein kahles, offenes Terrain der Verdunstung förderlicher ist, als ein mit Gebäuden, Ortschaften, Pflaster etc. bedeckter Boden. Durch Vegetation kann die Verdunstung behindert (Waldungen), aber auch beschleunigt werden (Eucalyptus, Sonnenblumen etc.).

Aus obigen Erörterungen dürfte sich ergeben, daß das an der Oberfläche verdunstete Wasser einerseits aus den tieferen Bodenschichten, von wo bei trockenem Wetter ein kapillarer Feuchtigkeitsstrom kontinuierlich aufsteigt, andererseits aber aus der Luft ersetzt wird, von wo am Abend und in der Nacht Wasserdampf absorbiert und kondensiert wird.

Der Trockenheitsgrad der oberflächlichen Bodenschicht ist mithin von sehr komplizierten Verhältnissen abhängig, nämlich: (von den Regen- und Verdunstungsverhältnissen abgesehen) vom Wassergehalt der unteren Bodenschichten, von der Kapillarität der bis dahin hinunterreichenden Schicht, vom Verdunstungs- und Absorptionsvermögen der Oberfläche für Wasser u. a. Hieraus folgt aber, daß die Austrocknungsverhältnisse des Bodens an einem gegebenen Orte nur dann gewürdigt werden können, wenn man alle die Befeuchtung und Austrocknung des Bodens beeinflussenden Faktoren kennt und in Betracht zieht.

### 2. Befeuchtung des Bodens durch Grundwasser.

In obigen Erörterungen über die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens wurde der Regen gewürdigt, welcher die meiste Feuchtigkeit

liefert, dann die Konfiguration des Bodens, welche der Wirkung des Regens Beschränkungen auferlegt, endlich insbesondere auch das Verhalten des Bodens selbst gegenüber dem hineingelangenden Wasser. Zu ihnen gesellt sich noch ein Faktor von großem Einfluß auf die Bodenfeuchtigkeit: das Grundwasser.

### a) Begriff und Ursprung des Grundwassers.

Den Begriff und die Würdigung des Grundwassers hat Pettenkofer in die Hygiene verpflanzt. Nach ihm [18] ist das Grundwasser „jene unterirdische, im porösen Erdreiche befindliche, bald mehr, bald weniger hohe Wasserschicht, welche uns durch das Graben von Brunnen zugänglich gemacht wird."

„Die Grundwässer unserer Bodenflächen können als unterirdische Teiche und Flüsse betrachtet werden, welche mit Alluvionen ausgefüllt und bald mehr, bald minder hoch überschüttet sind, sodaß wir über und auf dem Spiegel derselben wohnen und die Erde bebauen. Wenn wir einen Brunnen anlegen, so graben wir eine Oeffnung durch die Bedeckung dieses unterirdischen Wassers, heben, am Wasserspiegel angelangt, noch einige Fuß tiefer das Material aus, womit das Becken angeschüttet ist, in welcher Höhlung sich dann jenes Wasser ansammelt, welches wir mit Pumpen oder Schöpfeimern an die Oberfläche fördern."

Kürzer und klassischer kann das Grundwasser der Hygieniker gar nicht gezeichnet werden.

Seinen Ursprung hat das Grundwasser gewöhnlich im Regen. Das Regenwasser, welches auf einen permeablen Boden niederfällt und weder oberflächlich abläuft, noch verdunstet, auch nicht gebunden wird, muß nämlich immer tiefer sinken, bis es auf einer undurchlässigen Bodenschicht anlangt (*b*, Fig. 1), wo es sich ansammelt, die Räume zwischen den Erdpartikeln ausfüllt und den Platz der verdrängten Luft einnimmt (*c*).

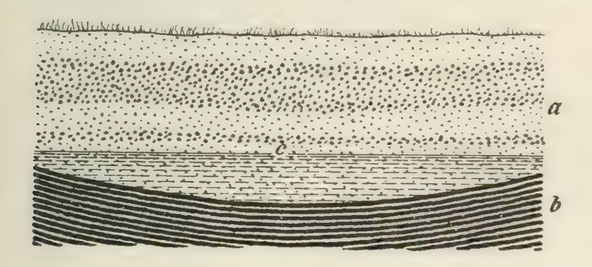



Fig. 1. *a* durchlässige, *b* undurchlässige Bodenschicht, *c* Grundwasser.

Da der Boden in den oberflächlichen Schichten größtenteils aus zerstäubtem, mehr oder minder durchlässigem Material besteht und diese Schichten wieder zumeist durch Sedimentierung zustande gekommen, folglich mehr oder minder horizontal übereinandergelagert sind, ist es nur natürlich, wenn man das Regenwasser an den meisten Stellen zwischen den Bodenschichten thatsächlich als angesammeltes Grundwasser antrifft. Nur in Ausnahmefällen, z. B. infolge allzu starker Neigung oder Impermeabilität der Bodenoberfläche, wird das Wasser

in den Boden überhaupt nicht eindringen, sondern sofort oberflächlich abfließen. Ebenso selten wird die der Oberfläche zunächst gelegene wassersammelnde Schicht so stark geneigt sein (*b*, Fig. 2) daß das bis hierher gelangte Wasser alsobald in die tiefer gelegenen Gebiete abfließen muß. Oder diese impermeable Schicht ist durch von oben nach unten gerichtete,

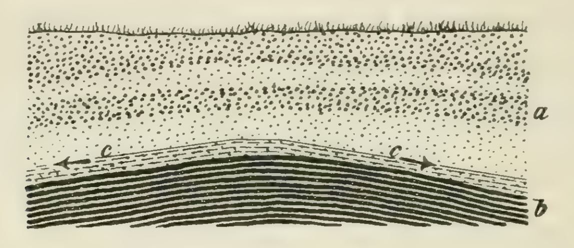



Fig. 2.

mit lockerem Detritus erfüllte Spalten durchbrochen (*b*, Fig. 3), in welchen das Wasser seinen Weg zur Tiefe fortsetzen muß. Dann wird das Grundwasser überhaupt nicht angetroffen werden, sondern weiter sinken (*c*) und eventuell an einer anderen Stelle als Quelle zu Tage treten (*d*)

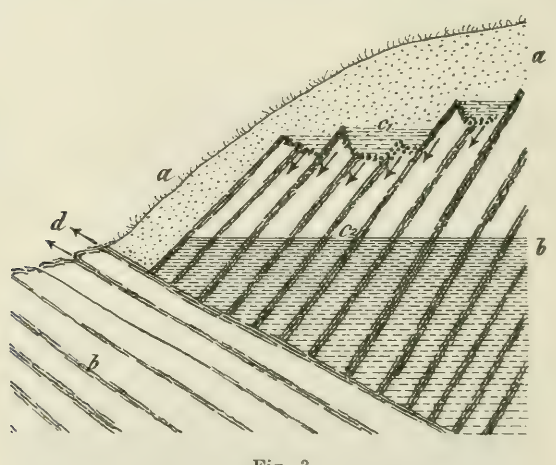



Fig. 3.

Solche Gebiete ohne oder mit unerreichbarem Grundwasser liefern hauptsächlich kahle, felsige Gegenden, impermeable Bodenarten (Lettenboden, Schiefer u. a.), besonders wenn sie sattelförmig oder schief geschichtet und unterbrochen sind. Hieraus wird auch verständlich, warum das Grundwasser auf Bergen und Berglehnen sich weniger ansammelt als auf Ebenen und in Thälern.

(S. Fig. 4 und 5 auf Seite 81.)

In anderen Fällen bildet sich das Grundwasser als Sickerwasser, welches aus benachbarten Flüssen oder Seen in den Boden eindringt. In der Regel nehmen Flüsse und Seen die tiefsten Stellen

des Gebietes ein und bilden das Ziel, dem aus der Umgebung sowohl die oberflächlich abfließenden Regenwässer als die in der Tiefe angesammelten Grundwässer zustreben (Fig. 6). Liegt aber der Wasserspiegel im Fluß oder See höher als die impermeablen Schichten im angrenzenden

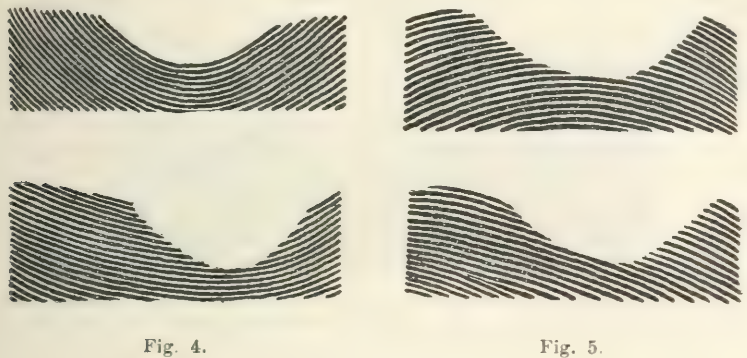


Fig. 4. Fig. 5.

**Fig. 4.** Zur Ansammlung von Grundwasser geeignete Schichtung des Bodens.

**Fig. 5.** Zur Ansammlung von Grundwasser nicht geeignete Lagerung der Bodenschichten.

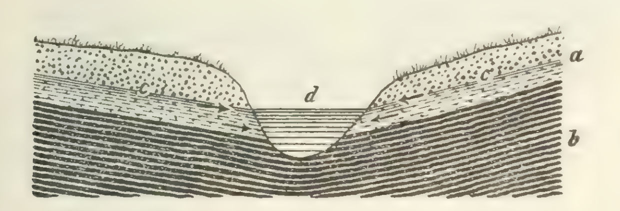



**Fig. 6.** Dem Flusse zueilendes Grundwasser. *a* durchlässige, *b* undurchlässige Bodenschicht, *c* Grundwasser, *d* Fluſs.

Boden und die auf diesem angesammelten Grundwässer, so wird das Wasser aus Fluß oder See durch das Erdreich der Ufer hinausfiltrieren und hier die Bodenschichten ausfüllen (Fig. 7 u. 8). Dies geschieht besonders bei hohem Wasserstand im Flusse, sodaß die benachbarten Gebiete eventuell bloß zeitweilig, d. i. bei Hochwasser, vom Flusse aus mit Grundwasser versehen werden, während zu anderen Zeiten das

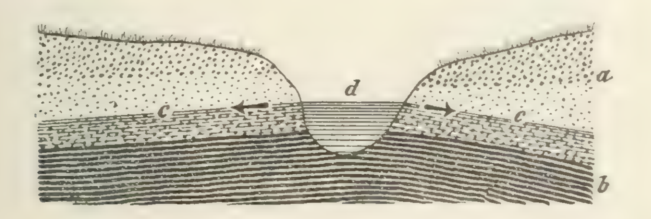



**Fig. 7.** Vom Flusse gespeistes Grundwasser (Sickerwasser).

natürliche Grundwasser höher steht als der Wasserspiegel im Flusse, also nach dem Flußbett abströmt (Fig. 9).

Eine dritte Bildungsart von Grundwasser ist das Drainagewasser. Dieses kommt dadurch zustande, daß das Grundwasser von mehr oder minder großen geneigten Gebieten nach den tiefer gelegenen,

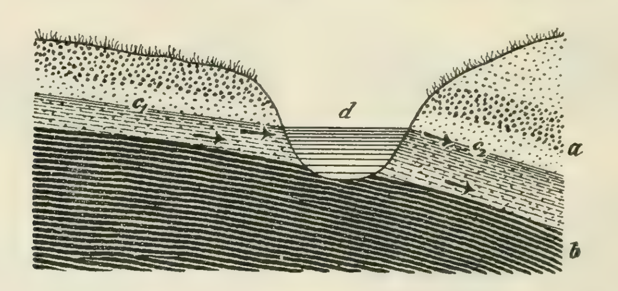



Fig. 8. Verschiedene Gestaltung der Grundwasserverhältnisse auf den beiden Ufern eines Flusses oder Sees.

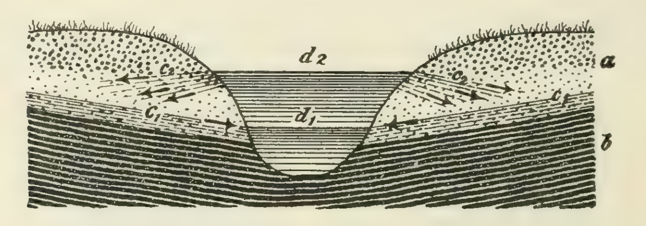



Fig. 9. Durch die Niveauverhältnisse des Flusses beeinflufstes Grundwasser. $d_1$ tiefer, $d_2$ hoher Wasserstand des Flusses, $c_1$ tiefes Grundwasser, $c_2$ hochstehendes Sickerwasser.

insbesondere den becken- oder muldenförmigen Stellen des Gebietes abfließt, hier sich ansammelt und die Poren des Bodens als Grundwasser anfüllt (Fig. 10).

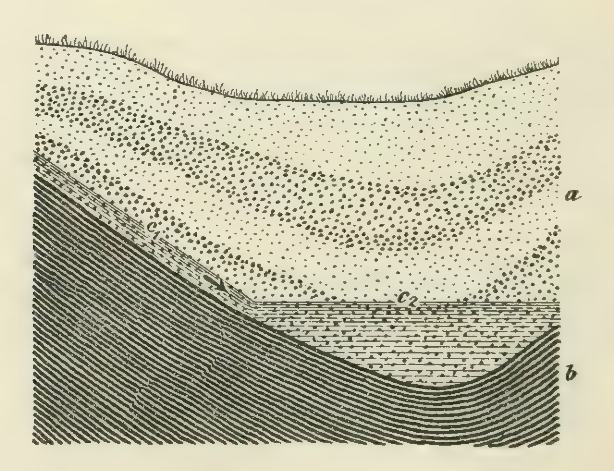



Fig. 10. $c_2$ = Drainage-Grundwasser.

Je nach dem Ursprung ist auch der hygienische Charakter des Grundwassers ein verschiedener, was wir weiter unten bei der bodenbefeuchtenden Wirkung des Grundwassers würdigen wollen.

Aus diesen verschiedenen Ursprungsquellen der Grundwasserbildung und aus dem oft plötzlichen und unerwarteten Wechsel der Bodenschichtung läßt sich aber auch erklären, warum die Grundwasserverhältnisse oft selbst auf relativ beschränkten Gebieten überaus verschieden sind. Die größten Unterschiede finden sich auf gebirgigem oder welligem Terrain, während die gleichmäßigere Terrainformation von Ebenen ruhigere und einheitlichere Grundwasserverhältnisse aufweist.

Sehr interessant und lehrreich ist in dieser Beziehung das Grundwasser in Budapest [19]. Die links der Donau gelegenen östlichen Stadtteile bilden eine große, gegen die Donau schwach geneigte Ebene (Fig. 11). Die Oberfläche ist mit Mittelsand bedeckt, unter welchem Lehm- und Sand- resp. Kiesschichten von verschiedener Stärke folgen (*b*), die auf einer mächtigen Tegelschicht (*a*) aufliegen, aus deren auf 970,5 m erbohrten Tiefe eine 73,92° C. warme, also aus noch größerer Tiefe stammende artesische Quelle aufsteigt.

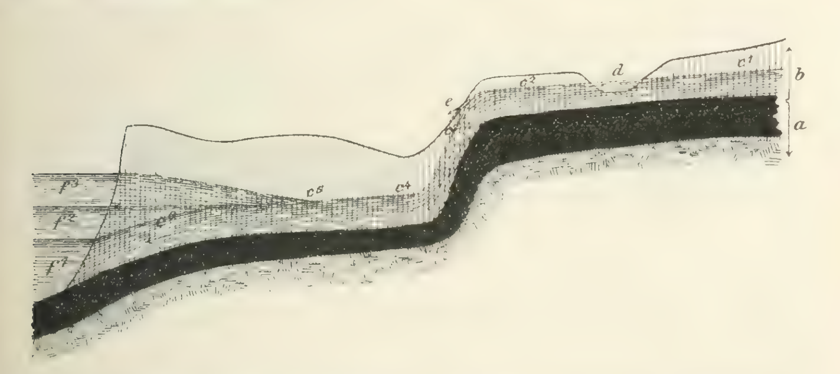



**Fig. 11. Schematische Darstellung der Grundwasserverhältnisse in Budapest. (Südöstliche Stadtteile.)**

Das Grundwasser kommt an der Ostgrenze des Stadtgebietes von den entfernteren erhöhten Gegenden von Osten her an und sinkt unter das bebaute Gebiet ($c_1 - c_4$); es ist also überwiegend Drainagewasser. Hier an der Ostgrenze wird das Grundwasser ganz nahe zur Bodenoberfläche, stellenweise schon in 1—2 m Tiefe gefunden, und an manchen Stellen, wo man die oberflächliche Sandschicht entfernt hat, liegt es zu Tage und bildet mehr oder minder große Seen (*d*) oder Pfützen, an anderen, von der oberflächlichen Bodenschicht mehr entblößten Stellen tritt das Grundwasser zuweilen (bei hohem Stand) (*e*) als Quelle zu Tage. Gegen Westen fortschreitend wird der Abstand von der Bodenoberfläche zum Grundwasserspiegel immer größer, da die undurchlässige Bodenschicht gegen Westen steiler abfällt als die Oberfläche. An manchen Stellen erfolgt diese tiefere Senkung des Grundwassers sprungweise, zum Beweis, daß die undurchlässige Tegelschicht treppenartig gegen die Donau abfällt.

Die gegenüber, am rechten Donauufer gelegenen Stadtteile haben eine gebirgige, hügelige Lage. Im Westen werden sie von 5—600 m

hohen, aus Kalkstein, Mergellehm, Sandstein etc. bestehenden Bergen begrenzt, die zumeist des Wassers entbehren, weil der Regen rasch abläuft, und auch was eindringt, infolge starker Neigung der Schichten, meist verschwindet. Selten sieht man an den Abhängen kleinere Quellen entspringen; an anderen Stellen sammelt sich Wasser in kleineren unterirdischen Becken an, und geben die hier abgetäuften Brunnen in sehr verschiedenen Tiefen geringe Wassermengen.

Näher zur Donau — von dieser durch den Kalktuffrücken des Festungsberges getrennt — erstreckt sich ein Thal mit lehmig-sandigem Boden und mit wenig Grundwasser in ungleichen Tiefen. Der mit der Donau parallel verlaufende Festungsberg mit seinen zerklüfteten Kalktuffelsen ist auch wasserarm, doch wird in den am Fuß des Berges gelegenen Häusern wieder Grundwasser angetroffen, welches aber zu gutem Teil aus dem Festungsboden durch die Klüfte herabgesickert sein mag; das wird dadurch bewiesen, daß es ziemlich oft von den Abtrittstoffen der Festung, welche in den Abortgruben der Festungshäuser ebenfalls verschwinden, in hohem Grade verunreinigt gefunden wird. Diese Brunnen wurden schon während der ersten Epidemie verdächtigt, die Cholera zu erzeugen. Endlich in den Stadtteilen, welche die Donauufer bilden, pflegt das Flußwasser bei hohem Stand auf beträchtliche Strecken in den Uferboden vorzudringen; hier besteht also das Grundwasser zur genannten Zeit aus Flußwasser.

Die ebenso interessanten Grundwasserverhältnisse anderer Großstädte Europas sind bei Karrer und Soyka, insbesondere aber in Daubrée's monumentalem Werke eingehend geschildert[20]. (Vergl. auch weiter oben, S. 50 ff.)

Wir können nun zu den einzelnen Momenten der Grundwasserverhältnisse übergehen, welche für die Hygiene von vorwiegender Bedeutung sind.

### b) Lagerung des Grundwassers. Oberflächliche und tiefe Grundwässer.

Von großer Wichtigkeit ist der Tiefstand des Grundwassers, d. h. der Abstand des Grundwasserspiegels von der Bodenoberfläche.

Der Grundwasserspiegel wird in der Höhe angenommen, wo die Hohlräume zwischen den Erdpartikeln von Wasser ganz erfüllt sind. Wohl ist die Erde auch über diesem Niveau feucht, weil das Grundwasser durch Kapillarität im Boden aufsteigt; hier sind aber die Hohlräume zwischen den Erdeteilchen nicht alle erfüllt, sondern neben dem Wasser befindet sich auch Luft im Boden.

Wenn man in den Boden eingräbt, so sieht man, wie die Erde mit zunehmender Tiefe zwar immer feuchter wird, daß sich aber am Boden der Grube Wasser nicht ansammelt; bis hierher giebt es also noch kein Grundwasser, sondern bloß Bodenfeuchtigkeit. Beim weiteren Eindringen wird auf einmal der Boden der Grube von stehendem Wasser bedeckt sein; hier befindet sich der Grundwasserspiegel, auf diesem Niveau steht er im umliegenden Boden und erfüllt die Poren des Erdreichs vollständig. Dies kann durch folgenden Vorlesungsversuch am besten demonstriert werden:

Man bringt in ein hohes cylinderförmiges Glasgefäß von 20 bis 25 cm Durchmesser, welches unten mit einem Hahn versehen ist, grobkörnigen Sand und läßt von unten bis zur halben Höhe der Sandschicht Wasser

aufsteigen. Jetzt steckt man eine Blechrinne von 8 bis 10 cm Radius am Rand in den Sandboden, so daß die beiden Ränder die Glaswand berühren und die Konvexität gegen das Innere des Gefäßes gerichtet ist. In dem Maße, als die Rinne eindringt, muß man den zwischen Rinne und Glaswand befindlichen Sand auslöffeln; sobald man aber den Wasserspiegel im Sand erreicht hat, wird an Stelle des herausgehobenen Sandes Wasser in der Rinne sich zeigen, dessen Niveau — wie dies besonders dann, wenn der Versuch mit gefärbtem Wasser angestellt wurde, recht deutlich zu sehen ist — ganz in derselben Höhe steht, wie im Sandboden*).

Der Spiegel des Grundwassers steht also an der Stelle, wo die Oberfläche des auf der undurchlässigen Schicht auflagernden Wassers sich befindet. Je nach den unregelmäßigen Veränderungen der Schichten, welche das Grundwasser aufhalten, wird auch diese Tiefe sehr verschieden sein, sodaß der Wasserspiegel — wie bereits angedeutet — bald in unerreichbarer Tiefe steht, bald wieder bis an die Oberfläche heraufreicht.

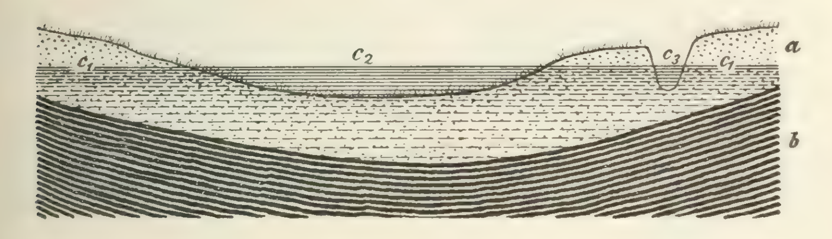



**Fig. 12. Oberflächliches und frei zu Tage tretendes Grundwasser.**

Im allgemeinen spricht man von tiefem Grundwasserstand, wenn der Grundwasserspiegel mehr als 20 m, und von oberflächlichem, wenn derselbe weniger als 5 bis 6 m von der Bodenoberfläche sich befindet. Oberflächliches Grundwasser wird oft an der Bodenoberfläche zu Tage treten ($c_2$, Fig. 12), z. B. wenn sich über der undurchlässigen Schicht mehr Wasser ansammelt, als in der oberen durchlässigen Bodenschicht Platz findet, oder wenn bei seichtem Grundwasserstand im oberflächlichen Boden Gruben vorhanden sind, deren Grund vom Grundwasser bereits erreicht und ausgefüllt ist ($c_3$). Die an vielen Stellen in Bodenvertiefungen, Hainen, Straßengräben, Ziegelschlagsgruben, Hanfröstegruben stagnierenden Tagwässer sind in der Regel Grundwasser, seltener durch impermeablen Boden auf der Oberfläche zurückgehaltenes Regenwasser. Ihre Natur als Grundwasser verrät sich durch die Beständigkeit, da sie mit dem Grundwasser des umliegenden Terrains eine Masse bilden und schwer verdunsten, weil der Verlust fortwährend aus der Umgebung ersetzt wird; stagnierendes Regenwasser pflegt hingegen rascher zu verdunsten, weil es keinen Ersatz findet. Noch sicherer können solche Ansammlungen für Grundwasser gehalten werden, wenn das Niveau mit dem Wasserspiegel naher Brunnen übereinstimmt. Solche zu Tage liegende Grundwässer werden verschwinden, wenn man die Vertiefung

*) Ein solches Gefäfs kann auch zu Versuchen über die Schwankungen des Grundwasserspiegels etc. benutzt werden.

auch nur bis zur Höhe des Wasserspiegels, also bis zum Niveau des Grundwassers anschüttet.

Zuweilen findet man den Grundwasserspiegel selbst auf geringe Entfernungen in verschiedenen Tiefen; dies kommt entweder daher, daß die Bodenschicht über dem Grundwasser wellig ist, also die Oberfläche an verschiedenen Punkten verschieden hoch über dem Grundwasserspiegel liegt oder, in selteneren Fällen, daher, daß die unter einer ebenen Oberfläche gelegene impermeable Schicht stark geneigt, treppen- oder beckenförmig ist. Einen solchen Fall habe ich oben (S. $c_1$—$c_5$, Fig. 11) bei den Grundwasserverhältnissen von Budapest beschrieben.

Der Abstand des Grundwasserspiegels von der Bodenoberfläche ist in verschiedenen Richtungen von hygienischer Bedeutung. Von diesem Abstand wird es zunächst abhängen, ob das Grundwasser und die aus demselben durch Kapillarität aufwärts geförderte (in früheren Abschnitten besprochene) Feuchtigkeit bis zu den Fundamenten und der Sohle von Gebäuden aufsteigen, also ob das Grundwasser Gebäude feucht machen, Keller überfluten kann.

Es giebt aber Bodenarten, in denen auch ein nicht gerade oberflächliches Grundwasser Feuchtigkeit in den Gebäuden zu erzeugen imstande ist. Wie oben erwähnt, vermag die Feuchtigkeit in einem Torfboden bis auf 6 m vom Wasserspiegel aufzusteigen.

Es wird daher bei der Entscheidung der Frage, ob das Grundwasser vermöge seines Standes Feuchtigkeit in den Gebäuden verursachen kann, stets auch die Kapillarität des Bodens, sowie die Tiefe in Betracht zu ziehen sein, bis zu welcher die Grundmauern in den Boden eindringen.

Vom Tiefstand des Grundwassers wird es ferner abhängen, ob dasselbe die oberflächlichste, gewöhnlich am meisten verunreinigte Bodenschicht zu befeuchten vermag, ob es also auf die im verunreinigten Boden verlaufenden Zersetzungsprozesse von Einfluß ist.

Endlich hängt es vom Tiefstand ab, ob das Grundwasser durch Brunnen leicht zu erreichen ist und ob diese gutes Wasser liefern. Aus einem oberflächlichen Grundwasser wird man in der Regel kein gutes Trinkwasser erhalten, weil solches Wasser stets stark verunreinigt, ferner im Winter zu kalt, im Sommer zu warm und faulig ist.

An manchen Orten wird Grundwasser in mehreren Schichten übereinander angetroffen, wie z. B. in den nordöstlichen Teilen von Budapest. Das kommt daher, daß die der Oberfläche zunächst gelegene impermeable Schicht nicht die gehörige Mächtigkeit und Undurchlässigkeit besitzt, sodaß das Wasser durchsickert und bis auf die tiefer befindlichen, wirklich undurchlässigen Schichten gelangt (Untergrundwasser Virchow's) (Fig. 13). In anderen Fällen ist dieses zweite tiefere Grundwasser anderen Ursprungs, es sammelt sich von entlegeneren Gegenden, z. B. aus Flußbetten, entfernten Drainagewässern, an der bezeichneten Stelle an. Bei so bestellten Boden- und Grundwasserverhältnissen kann die Vertiefung der Brunnen sehr nützlich sein*).

*) In Fürstenfeld (Oesterreich) (Fig. 14) sind sieben übereinander lagernde Grundwasserschichten bekannt. Dieselben liegen in zwischen Tegel eingebetteten Sandschichten. (Stur. C. citiert von Daubrée, Les eaux sousterraines 1. Bd. 86, Paris 1887). Doppeltgeschichtetes Grundwasser in Wien beschreibt Suess. (Der Boden der Stadt. Wien, S. 236). Siehe Fig. 13 u. 15.

Wenn im Boden mehrere impermeable und dazwischen durchlässige Schichten muldenförmig übereinander gelagert sind, und wenn jetzt zwischen diese impermeablen Schichten Wasser (aus Flüssen durchgesickertes oder Drainagewasser etc.) hineingelangt, so wird das zwischen zwei impermeable Schichten eingeschlossene Wasser unter einem Drucke stehen, dessen Größe von der Höhe abhängt, bis zu welcher das Wasser

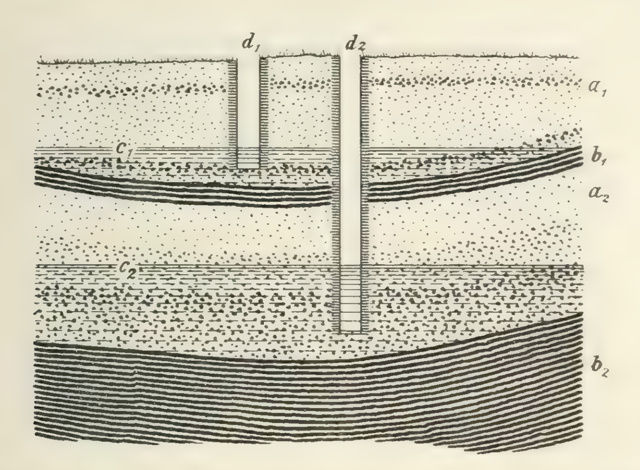



**Fig. 13. Mehrfaches (doppelt) geschichtetes Grundwasser.** $a—a$ **durchlässige,** $bb$ **undurchlässige Schichten,** $c_1—c_1$ **oberflächliches,** $c_2—c_2$ **tiefes Grundwasser,** $d_1—d_2$ **höheres resp. tieferes Grundwasser erschließende Brunnen.**

zwischen den muldenförmigen Wänden sich erhebt. Wenn man ein solches zwischen Beckenwänden eingezwängtes Grundwasser vermittelst Brunnen anbohrt, so wird es im Brunnen bis auf ein der Seitenhöhe entsprechendes Niveau ansteigen. So kommen in der Regel artesische Brunnen zustande.

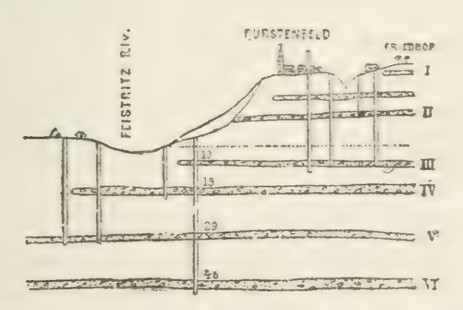



**Fig. 14. Grundwasserverhältnisse in Fürstenfeld. (Nach Daubrée.)**

Unter dem ungarischen Tiefland (Alföld) erstreckt sich solches zwischen muldenförmige Schichten eingeschlossenes tiefes Grundwasser, welches einerseits von Westen aus dem Gebirge jenseits der Donau und vielleicht aus der Donau selbst, von Osten her aber durch die Drainagewässer des reichliche Niederschläge aufnehmenden Bihargebirges

gespeist wird. Die großen und volkreichen Städte Niederungarns haben dieses in Mulden eingeschlossene Grundwasser der Reihe nach angebohrt und sich mit auf diesem Wege gewonnenem artesischem Wasser versorgt (Fig. 16).

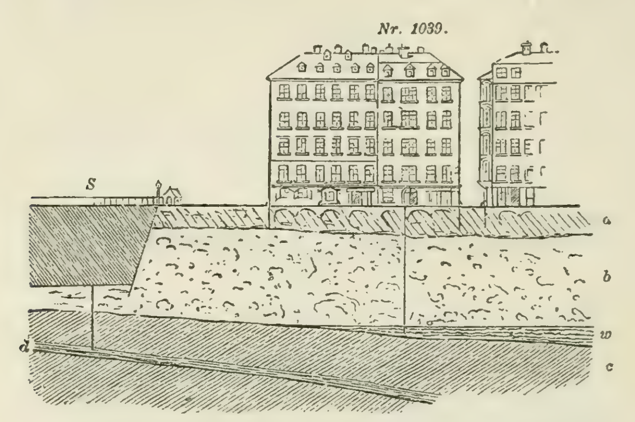



Fig. 15. Doppelgeschichtetes Grundwasser in Wien. (Nach Suess.)

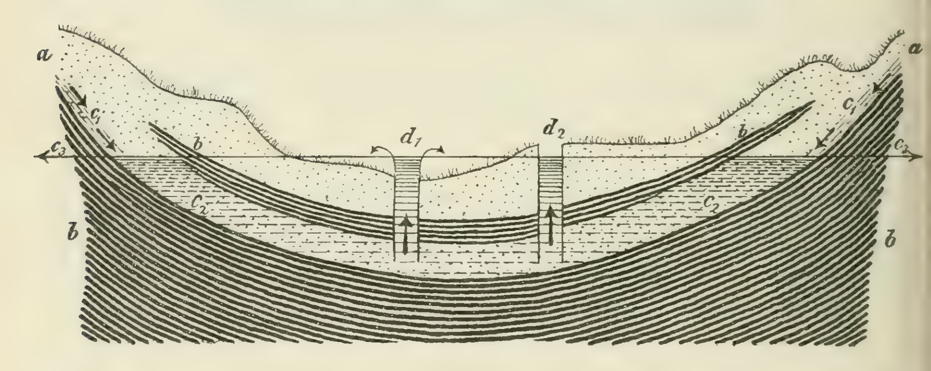



Fig. 16. Zu artesischen Brunnen geeignete Lagerung tiefer Grundwässer im ungarischen Tiefland (Alföld). *a* durchlässige Schicht, *b*—*b* muldenförmige, übereinander gelagerte undurchlässige Schichten, $c_1$ — $c_1$ versinkende Grundwasser, $c_2$—$c_2$ zwischen undurchlässige Schichten eingeschlossenes Grundwasser, $c_3$ dessen Niveau, $d_1$ artesischer Brunnen mit überlaufenden Wasser, $d_2$ Brunnen, wo das aufsteigende Wasser die Brunnenöffnung nicht erreicht und durch Pumpen gehoben werden mufs.

### c) Wasserreichtum des Grundwassers.

Je größer das Gebiet und je mächtiger auf diesem die Bodenschicht, welche das Grundwasser erfüllt, um so größer sein Wasserreichtum. Dieser ist von verschiedenen Faktoren abhängig, — neben den Regenfällen zunächst davon, ob die impermeable Schicht eine stark geneigte Oberfläche hat, auf welcher das Grundwasser rasch abläuft; ferner davon, ob jene Schicht hinlänglich impermeabel ist oder im Gegenteil ein langsames Durchsickern des Wassers in tiefere Schichten und sein Verschwinden zuläßt.

Besonders groß ist der Wasserreichtum, wo von ausgedehnten Gebieten zusammengelaufenes Drainagewasser sich in weitläufigen Becken

ansammelt, also in den mittleren Partien großer Thalgebiete, und noch mehr am Ausgang großer Thalkessel, wo das Wasser ein weites Hinterland hat. Auch die Ufergebiete von Flüssen sind wasserreich, wenn das Flußwasser durch das Erdreich der Ufer in den Nachbarboden aussickert. Auf diese Weise kommen Flüssen entlang häufig unterirdische Seen oder Wasserbehälter von riesiger Ausdehnung zustande. Suess hat diese Verhältnisse sehr schön und klar beschrieb[21]. „Nur in seltenen Ausnahmefällen gräbt sich ein Fluß sein Bett der ganzen Länge nach in wasserdichten Boden. Bei weitem die Mehrzahl der Flüsse ist aber wenigstens durch einen großen Teil ihres Laufs begleitet von einem bald breiteren, bald schmäleren Streifen von losen Aufschüttungen, den sogen. Alluvionen des Flusses. Dann ist aber Wasser nicht nur in der sichtbaren Flußrinne, sondern auch in den Alluvien und den dieselben begrenzenden Schichten enthalten, und zwar ist der Boden zu beiden Seiten des Flusses bis zu einem Niveau mit Wasser angefüllt, das in gewisser Beziehung zum Wasserstande im Flusse selbst steht."

Und hieraus ist zu verstehen, daß unter ähnlichen Verhältnissen bei Hochwasser riesige Wassermassen in die Uferbehälter eindringen, von wo sie später, wenn der Fluß wieder fällt, in den Fluß zurückkehren und diesen speisen werden. Ohne diese Wasserbehälter würden die Flüsse bei Tau- und Regenwetter noch mehr anschwellen, als das thatsächlich der Fall ist, in der trockenen Jahreszeit hingegen alsobald bis zur Trockne abfallen, wenn die genannten Behälter ihnen kein Wasser zuführten.

Der Reichtum des Grundwassers ist besonders mit Rücksicht auf die Wasserversorgung größerer Gemeinden von Wichtigkeit, — der Zusammenhang der Grundwässer auf größeren Gebieten ist es aber insofern, als er bei der an einer Stelle erfolgten Verunreinigung des Grundwassers zur Fortpflanzung dieser auf andere Häuser und Brunnen, ja sogar auf andere Gemeinden führen kann.

Beurteilt kann der Wasserreichtum aus der Größe des durchtränkten Gebietes und der Mächtigkeit der wasserführenden Bodenschicht werden. Ein mit Grundwasser erfüllter Boden enthält — wie oben nachgewiesen — rund 30 Proz. seines Volumens Wasser. Es muß aber gleich hier, wenn auch nur kurz, erwähnt werden (eingehendere Erörterungen gehören in die Wasserhygiene), daß, obschon lehmiger oder humöser Boden im gleichen Volumen mehr Grundwasser enthalten kann, als z. B. ein Sand- oder Kiesboden, man aus letzteren nicht nur rascher, sondern auch mehr Wasser erhält, weil Lehm und Humus vermöge ihrer größeren wasserbindenden Kraft (s. oben) von dem enthaltenen Wasser nur wenig, Kies und Sand aber den größten Teil an die Brunnen abgeben.

### d) Die Bewegungen des Grundwassers.

Nach Pettenkofer werden zweierlei Bewegungen des Grundwassers beobachtet: die Strömung oder horizontale Bewegung, dann die Schwankungen oder vertikalen Bewegungen.

#### *α) Strömung des Grundwassers.*

Das Grundwasser wird den hydrostatischen Gesetzen entsprechend der Neigung der undurchlässigen Schicht, auf welcher es sich angesammelt

hat und aufliegt, folgen; die Richtung des Grundwasserstromes wird also stets auf dieser schiefen Ebene den tiefer gelegenen Stellen zustreben.

Beim Grundwasser ist diese Strömung Regel, und nur ausnahmsweise, wenn es sich in muldenförmigen Schichten angesammelt hat und nicht bis an die Ränder der Mulde hinaufreicht, wird es ohne Strömungen ruhig im Boden verharren. Auf die Stromrichtung kann aus den Niveauverhältnissen des Grundwasserspiegels auf dem betreffenden Gebiete gefolgert werden; in der Richtung, nach welcher der Wasserspiegel abfällt, wird auch das Grundwasser abfließen. Diese Richtung ist gewöhnlich Thälern, Flüssen oder Seen zugekehrt.

Die Geschwindigkeit des Grundwasserstromes ist hauptsächlich von zwei Faktoren abhängig: vom Neigungswinkel der impermeablen Schicht und von der Wasserdurchlässigkeit des Bodens. Da diese zwei Faktoren nach Ort und Zeit überaus variabel sind, wird auch die Strömung nach Ort und Zeit sehr verschieden sein.

Die Gesetze der Strömungsgeschwindigkeit sind im ganzen genommen noch wenig studiert und selbst empirisch noch kaum bestimmt. Darcy[22] hat das Gesetz mit folgender Formel ausgedrückt:

$$V = k \frac{h}{l},$$

in welcher $V$ die Strömungsgeschwindigkeit, $h$ die Druckhöhe, $l$ den zurückgelegten Weg und $k$ einen vom Material abhängigen Koeffizienten bezeichnet. Doch ist gerade dieser Koeffizient noch nicht durch empirische Beobachtungen mit hinlänglicher Genauigkeit festgestellt.

Eine einfache Methode zur Feststellung der Strömungsgeschwindigkeit besteht darin, daß man an einer Stelle des untersuchten Gebietes chemisch leicht nachweisbare Stoffe (Kochsalz, Eisensalze, Ferrocyankali) in das Grundwasser (Brunnen) bringt und auf verschiedenen Entfernungen in der Neigungsrichtung des Wasserspiegels in bestimmten kürzeren Zeiträumen entnommenes Wasser untersucht. Von ähnlichen Untersuchungen sind mir bloß die Thiem'schen[23] bekannt, welche beweisen, daß die Wasserströmung bei bedeutenden Niveauunterschieden in einem gut permeablen Boden sehr schnell sein kann. Durch Pumpen wurde in einem Brunnen der Wasserspiegel um 3 m unter das Niveau des umliegenden Grundwassers gesenkt, und geprüft, wie rasch das Grundwasser bei dieser bedeutenden Druckdifferenz von den in verschiedenen Entfernungen umliegenden Brunnen nach der Depressionsstelle vordringt. 5 m weit vom Brunnen, also auf dem Gebiet der größten Depression, erreichte die Stromgeschwindigkeit in 24 Stunden bis 2073,6 m und wurde mit zunehmender Entfernung geringer, weil auch die Niveauunterschiede abnahmen.

Unter natürlichen Bedingungen werden wohl solche Geschwindigkeiten äußerst selten vorkommen. An Flußufern wurden die Untersuchungen derart angestellt, daß man beobachtete, wie lange Zeit vergeht, bis die im Fluß eintretende Niveausteigerung im tiefer stehenden Grundwasser des Uferbodens auf verschiedenen Entfernungen bemerkbar wird. In Budapest hat Fodor in Mittelsand, im Durchschnitt aus zahlreichen Beobachtungen, in 24 Stunden 15,9—35 Klafter, und im Mittel 28 Klafter (53 m) Geschwindigkeit erhalten[24]. Am Elbeufer wurden bloß 7—8 Fuß Geschwindigkeit pro 24 Stunden gemessen[25]. Hess fand am Ufer des Aller-Flusses 10—35 m Geschwindigkeit in 24 Stunden (Soyka). Alles in allem bleibt daher der in 24 Stunden zurückgelegte

Weg meistens unter 50 m, und ist die Strömung häufig genug (in ebenem, kompakterem Boden) so gering, daß man füglich von Stagnation sprechen kann.

Es ist in mehreren Beziehungen wichtig, ob das Grundwasser langsamer oder rascher strömt. Gerade so wie im Tagwasser das fließende Wasser ein ganz anderes hygienisches Verhalten zeigt als ein stagnierendes: so wird auch das im Boden befindliche Wasser — besonders wenn es nicht tief unter der Oberfläche liegt — sich (z. B. im Sommer oder Herbst) ganz verschieden verhalten, je nachdem es in lebhafter oder träger Bewegung begriffen ist oder gar stagniert. Diesbezüglich mangelt es aber an konkreten Beobachtungen.

Ein Boden, welcher infolge seines kompakten Gefüges auf die Grundwasserströmungen hemmend wirkt, wird aus dem nämlichen physikalischen Grund auch den Wasserertrag der Brunnen vermindern.

### β) *Die Schwankungen des Grundwassers.*

Die vertikalen Bewegungen oder Schwankungen des Grundwassers genießen in der Hygiene besondere Beachtung, seitdem Pettenkofer in denselben ein Maß und einen Indikator für die periodische Durchfeuchtung der oberflächlichen Bodenschichten erblickt, und seitdem er mit Buhl gefunden hat, daß in München diese Schwankungen mit dem zeitlichen Verlauf der Typhusepidemien parallel einhergehen.

Unter Grundwasserschwankung versteht man den Vorgang, daß der Grundwasserspiegel zu gewissen Zeiten ansteigt und der Bodenoberfläche näher kommt, dann von der letzteren sich wieder entfernt und abfällt. Die Differenz schwischen dem höchsten und niedrigsten Stand giebt die Größe oder Amplitude der Schwankung.

Beobachtet man den Grundwasserspiegel Tag für Tag, so wird man seine Annäherung und Entfernung von der Bodenoberfläche kaum erkennen, da die Tagesamplitude der Schwankungen in der Regel sehr gering ist. Wenn man aber die Beobachtung eine längere Zeit hindurch fortsetzt, so wird die Schwankung mit Sicherheit nachweisbar und läßt auch eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen.

In unserem Klima wird man in der Regel finden, daß das Grundwasser gegen Frühjahr zu steigen beginnt und allmählich, von Schwankungen und Rückfällen unterbrochen, den höchsten Stand erreicht, worauf es zu sinken anfängt und im Herbst oder Winter auf den tiefsten Stand heruntergeht. Doch fallen diese höchsten und tiefsten Stände nicht in allen Jahren und an allen Orten auf denselben Zeitpunkt.

Den Höhenunterschied zwischen diesem höchsten und tiefsten Stand in einem Jahre kann man die Jahresamplitude der Schwankung nennen. Sie ist zunächst nach Orten verschieden. So sind bei Pettenkofer Orte aus Indien angeführt, wo der höchste und tiefste Grundwasserstand im Jahre um 12—13 m differiert. Gewöhnlich bewegen sich aber die Schwankungen innerhalb viel engerer Grenzen. Die österreichischen und ungarischen Militärbehörden lassen schon seit Jahren an vielen (in Oesterreich an 26, in Ungarn an 16 und in Bosnien an 3) Orten Grundwasserbeobachtungen ausführen. Aus den Veröffentlichungen der genannten Behörden [26] ist zu entnehmen, daß die Jahresamplitude z. B. in Lemberg 4 m, in Ottocac selbst 5 m überstieg und unter

den 45 Beobachtungsstationen am größten war, während z. B. im östlichen Stadtteil von Budapest, wo das Grundwasser durch den Stand der Donau nicht beeinflußt wird, die Jahresschwankung kaum $^1/_3$ bis $^1/_2$ m ausmacht. So zeigte z. B. der eine Brunnen (No. XX)[27] den folgenden Stand über dem Nullpunkt der Donau:

| | Maximum | Minimum | Jahresamplitude |
|---|---|---|---|
| 1877 | 275 cm | 255 cm | 20 cm |
| 1878 | 277 „ | 248 „ | 29 „ |
| 1879 | 318 „ | 277 „ | 41 „ |
| 1880 | 328 „ | 300 „ | 28 „ |

In München beträgt die Jahresamplitude annähernd 2 m (Soyka).

Beachtenswert ist die Erfahrung, daß der Grundwasserspiegel während eines längeren, auf mehrere Jahre sich erstreckenden Zeitraumes einige Jahre lang im ganzen ansteigt und während der nächsten Jahre wieder abfällt. Diesbezüglich sind neben den obigen auch die folgenden in Budapest gewonnenen Zahlen interessant. Im Brunnen der Karls-Kaserne betrug der mittlere Wasserstand (Mittel aus Maximum und Minimum) über dem Nullpunkt der Donau:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1876 | 263 cm | 1881 | 263 cm |
| 1877 | 203 „ | 1882 | 203 „ |
| 1878 | 212 „ | 1883 | 242 „ |
| 1879 | 242 „ | 1884 | 208 „ |
| 1880 | 257 „ | 1885 | 179 „ |

wo die steigende Tendenz von 1877—1881 und dann eine successive Abnahme augenfällig ist.

Auch in München war der Grundwasserstand von 1868 bis 1870 um 70 cm gestiegen, während in der Umgebung von München die Jahresmittel um 4 und mehr Meter differierten (Soyka).

Diese auf mehrere Jahre sich erstreckenden Grundwasserschwankungen könnte man die Amplitude der Jahrescyklen nennen, welche sowohl in epidemiologischer als vielleicht noch mehr in bauhygienischer Beziehung von großer Wichtigkeit sind. So hat der Grundwasserstand von 1880—1881 in Budapest große Störungen verursacht. Das Wasser drang im Friedhofe in die Grüfte ein und hob die Särge in die Höhe; im städtischen neuen Krankenhaus hat es die im Boden in Kanälen verlegten Rohre der Dampfheizung abgekühlt. Es wurden in der Eile einige Drainagearbeiten ausgeführt, was von guter Wirkung schien; doch mag der Erfolg eher darauf zurückzuführen sein, daß das Grundwasser bald darnach im allgemeinen bedeutend abfiel. Es bleibt also fraglich, ob nicht ein neueres Ansteigen des Grundwassers zur Wiederholung der Kalamitäten von 1881 führen wird.

Die Bauhygiene muß also diese Schwankungen des Grundwassers berücksichtigen.

Auf Grund der vorliegenden Beobachtungen kann gesagt werden, daß die Amplitude der Grundwasserschwankungen — namentlich der jährlichen und nicht der cyklischen Schwankungen, welche erst an wenig Orten bekannt sind — auf ebenen Gebieten von großer Ausdehnung sehr gering ist, meist unter $^1/_2$ m beträgt, hingegen unter in Thälern oder in Kesseln gelegenen Stellen und längs der Flüsse mit beträchtlich schwankendem Wasserstand viel bedeutender ist. Dieses Verhalten wird sofort erklärlich, wenn man die Ursachen der Grundwasserschwankungen untersucht.

e) Ursachen der Grundwasserschwankungen.

Das Steigen und Fallen des Grundwasserspiegels wird durch verschiedene Ursachen hervorgerufen. Um zunächst von den letzteren zu sprechen, wo die Verhältnisse einfacher liegen, ergeben sich für ein Sinken des Grundwasserspiegels folgende Ursachen: das Grundwasser strömt auf der schiefen Ebene weiter, es fließt ab, — es sinkt durch die gewöhnlich nicht ganz impermeablen Bodenschichten in die Tiefe, es steigt durch Kapillarität in die austrocknenden oberen Bodenschichten, wo es verdunstet, — es wird durch Brunnen ausgeschöpft u. s. f.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass diese Faktoren einzeln und gemeinsam, je nach der Lokalität, in verschiedenem Maße zur Geltung kommen und daß infolgedessen Maß und Geschwindigkeit der Abnahme des Grundwassers verschieden sein werden. In einem grobkörnigen Kiesboden mit starker Neigung wird das Grundwasser rasch abfallen, weil es rasch abfließt, bei entgegengesetzten Bedingungen aber in langsamerem Tempo abnehmen.

Noch komplizierter aber sind die Faktoren, welche das Ansteigen des Grundwassers zuwege bringen. Hierher gehören: Regenfälle, die Einwirkung von Flüssen und die Drainageverhältnisse.

Wenn Regenfälle mehr Wasser liefern, als abfließt und durch die wasserbindenden, über dem Grundwasserspiegel gelegenen Bodenschichten zurückgehalten werden kann, so wird der Ueberschuß, wenn er nicht durch Verdunstung sich verringert, bis zum Grundwasser hinuntersickern und ein Steigen des Grundwasserspiegels verursachen. Das ist die regelmäßige und häufigste Ursache, welche das Steigen des Grundwassers hervorruft.

Es läßt sich aber leicht begreifen, daß der Grundwasserspiegel bei den Regenmengen unserer Zonen nicht irgendwie beträchtlicher steigen wird, und insbesondere nicht infolge der Sommerregen, deren Wasser, wie gezeigt wurde, durch die oberflächlichen und trockenen Bodenschichten größtenteils gebunden wird und von hier wieder verdunstet. Wo die jährliche Regenmenge, wie im größten Teil von Centraleuropa, nur 500 bis 1000 mm beträgt, und selbst von dieser kaum $^1/_3$ durch den Boden aufgenommen wird (der Rest fließt oberflächlich ab, verdunstet, wird gebunden u. s. f.), werden während des ganzen Jahres kaum 170 bis 330 mm Regenwasser bis zum Grundwasser gelangen und hier, wenn man die Wasserkapazität des Bodens zu 30 Vol. Proz. annimmt, in einer Bodenschicht von 550—1050 mm Platz finden.

Nun ist aber bekannt, daß nicht die ganze Regenmenge auf einmal niederfällt. Da sich die Regenmenge vielmehr auf längere Zeiträume verteilt, kann auf einmal nur ein gewisser Anteil einer Regenperiode eine teilweise Steigerung des Grundwassers verursachen. Nun folgt ein regenloser Zeitabschnitt mit sinkendem Grundwasser, dann fällt wieder eine Portion Regen, der den Grundwasserspiegel vielleicht um ein Geringes erhöht. Mit anderen Worten: das Steigen und Fallen verteilt sich auf kleinere Portionen, vermöge welcher die Differenz zwischen höchstem und tiefstem Stande oder die Jahresamplitude nicht einmal die erwähnten $^1/_2$—1 m erreichen kann, sondern thatsächlich unterhalb $^1/_2$ m verbleibt.

Wo also die Jahresamplitude der Grundwasserschwankungen in Millimetern größer ist, als etwa die halbe Regenhöhe in Millimetern ausgedrückt, da müssen

die Schwankungen des Grundwassers neben den Niederschlägen noch von anderen Faktoren beeinflußt sein. Im umgekehrten Sinne ist dieser Lehrsatz nicht gültig, was sich wohl von selbst versteht.

Viel bedeutender sind die durch Flüsse verursachten Schwankungen des Grundwasserspiegels, wo jene in den austrocknenden Boden eindringen. Durch diesen Vorgang kann der Grundwasserspiegel bis zum Flußniveau gehoben werden. Einem Sinken des Flusses wird natürlich auch das Grundwasser folgen. Jetzt verstehen wir, warum neben Flüssen, deren Wasserstand bei Hochwasser um mehrere Meter zunimmt, auch das Grundwasser im Uferboden die gleiche Steigerung erfahren und mit sinkendem Flußwasser wieder um ebensoviel abfallen kann. So wurde z. B. in Ottocac, wo das Grundwasser (nach meinen Informationen) durch ein nahes Flüßchen beeinflußt wird, im Oktober 1885 ein Ansteigen des Grundwassers um 3,38 m beobachtet. Doch ist es keineswegs Regel, daß das Grundwasser stets ebensoviel steigen oder fallen müsse wie der Fluß. Wenn das Steigen und Fallen des Flußspiegels sehr rasch erfolgt, werden schon in einiger Entfernung vom Flusse die Grundwasserschwankungen geringer sein als im Flusse; und wenn ferner das Niveau der impermeablen Schicht im Uferboden und des auf demselben abfließenden Grundwassers zwar tiefer liegt als der Hochwasserstand, aber höher als der Tiefstand im Flusse, so wird auch das Grundwasser nicht auf das Niveau des minimalen Flußspiegels abfallen.

Ein Faktor, der gleichfalls zur Erhöhung des Grundwasserstandes mächtig beitragen kann, ist die Drainage; er kommt zur Geltung, wenn die Grundwässer eines größeren Areals einem einzigen Orte unterirdisch zugeführt werden. Das ist namentlich an Berglehnen, in Thälern oder auf muldenförmigen Terrains der Fall. Selbstverständlich kann der Grundwasserstand unter diesen Verhältnissen sehr bedeutend erhöht werden. Die Höhe, bis zu welcher dies geschieht, wird davon abhängen, wie groß das wasserliefernde Gebiet, wie reichlich das Wasser selbst ist, wie rasch es anlangt und auf einem wie beschränkten Terrain es zusammengedrängt wird, ob es von hier wieder rasch abfließen kann oder im Gegenteil sich aufstaut u. s. f.

Ist das Thal groß, breit und lang, so kann das Grundwasser an der Thalsohle und noch mehr an der sich häufig verengenden Thalmündung in hohem Maße gestaut werden und hier bedeutende Schwankungen zeigen. Ueberhaupt werden Grundwasserschwankungen in Thälern und an muldenförmigen Orten aus den genannten Ursachen größer sein als in Ebenen und auf Abhängen.

Wo die Grundwasserschwankungen die oben erörterte Jahresamplitude übertreffen und nicht auf die Einwirkung von Flüssen oder Seen zurückgeführt werden können, ist man berechtigt, auf eine Ansammlung von Drainagewässern zu schließen.

### f. Zeitliche Verhältnisse der Grundwasserschwankungen.

Regenfälle und Steigen des Grundwassers sind auch dann keineswegs synchronisch, wenn die Schwankungen des Grundwassers großenteils durch die Niederschläge verursacht werden. Und das ist ganz natürlich.

Vor allem bedarf es einer gewissen Zeit, bis das auf die Oberfläche gefallene Wasser in den Boden auf eine gewisse Tiefe eindringt und zum Grundwasser gelangt. Dieser Weg ist in einem durchlässigen Boden und bei oberflächlichem Grundwasser ein kurzer; hier wird also auch das Steigen des Grundwassers rasch auf die Niederschläge folgen. In einem schwer durchlässigen Boden dagegen und bei tiefem Grundwasserstand wird es einer geraumen Zeit bedürfen, bis nach einem Regenfall die Grundwassersteigung sich bemerkbar macht. Im lehmig-sandigen Boden von Klausenburg war das Regenwasser wöchentlich annähernd um einen Meter in die Tiefe, gegen das Grundwasser hinabgesunken[28], während z. B. in Kreideboden das Eindringen des Regenwassers gegen das Grundwasser kaum im Jahre 1 m beträgt (Parkes).

Die zeitliche Kongruenz von Grundwassersteigung und Regenfall ist auch dadurch gestört, daß das Regenwasser in trockenem Boden großenteils gebunden wird, im durchfeuchteten Boden dagegen das dort vorgefundene Wasser deplacieren und in die tieferen Schichten bis zum Grundwasser hinabdrängen muß. Daher kann ein Steigen des Grundwassers einem Frühjahrsregen auf dem Fuße folgen, während es im Sommer oder Herbst erst später oder gar nicht eintritt, wenn nämlich der Boden über dem Grundwasser allzu trocken ist und alles Regenwasser zurückhält.

Weiterhin kann die Kongruenz von Grundwasserschwankungen und Regenfällen dadurch gestört werden, daß neben den Regenfällen auch noch ein Fluß auf den Grundwasserstand einwirkt. Denn das Wasser in Flüssen — namentlich in größeren — steigt nicht plötzlich, sondern erst allmählich, je nach den Regenmengen, welche die einzelnen Flußabschnitte getroffen haben. So würden z. B. für den Stand der Donau in Budapest nicht die hier stattgehabten Niederschläge, sondern die Regenverhältnisse der Sammelgebiete in Bayern und Oesterreich, und für die aus Ober-Ungarn kommenden Nebenflüsse der Donau die Regenverhältnisse der Karpathen maßgebend sein.

Am meisten aber wird der Synchronismus von Grundwasserschwankungen und Niederschlägen durch die Drainageverhältnisse gestört. Die Drainagewässer haben oft einen längeren Weg bis zu gewissen tieferen Gebieten zurückzulegen und werden hier sehr verspätet eintreffen. Dies ist bei der relativ langsamen Strömung der Grundwässer (S. 90) ja auch leicht verständlich.

Aus alledem folgt, daß der höchste Grundwasserstand mit den stärksten Regenfällen zeitlich nicht zusammenzufallen braucht. In Budapest z. B. fällt der höchste Grundwasserstand mit den minimalen Regenmengen zusammen und vice versa (Fodor)[29]. In Berlin wird das Grundwasser von den Drainagewässern des Spreethales beherrscht; dort pflegt (im Mittel von 16 Jahren) das höchste Ansteigen des Grundwassers 9 Monate nach den stärksten Regenfällen zu folgen und der maximale Grundwasserstand mit dem Regenminimum zusammenzutreffen (Soyka). Dagegen verlaufen in München Regen- und Grundwasserkurven ziemlich parallel, und das Grundwasser erreicht seinen höchsten Stand schon einen Monat nach dem Regenmaximum (Soyka).

Während also in München ein Ansteigen des Grundwassers eine durch Regenwasser erfolgte akute Durchtränkung der oberflächlichen Bodenschichten anzeigt und letztere mit dem Abfallen gleichzeitig trocken

und regenlos sind, werden in Budapest und Berlin steigende Grundwässer zeitlich mit Regenlosigkeit und Trockenheit der oberflächlichen Bodenschichten zusammentreffen und die letzteren bei sinkendem Grundwasser oft gerade am meisten von Regen benetzt sein.

### 3. Befeuchtung des Bodens durch Ueberschwemmungen, Quellen und Gewerbebetriebe u. A.

Eine häufige Ursache der Bodenfeuchtigkeit bilden Ueberschwemmungen. Diese sind gefürchtet, nicht nur, weil sie den Boden durchfeuchten, sondern auch darum weil sie das Innere der Häuser für eine mehr oder minder lange Zeit feucht und unbewohnbar machen, ferner weil sie Schlamm und fortgeschwemmten Unrath, sowie die im Detritus enthaltenen Keime den Häusern zuführen. Auch kommt es bisweilen zur Ueberschwemmung von Abortgruben, deren Inhalt dem Brunnenwasser beigemischt werden kann.

Quellen, welche unterirdisch an unbekannten Punkten in die oberflächlichen Bodenschichten einbrechen und sich hier ausbreiten, vermögen den Boden zuweilen in größerer Ausdehnung zu durchfeuchten und zu versumpfen.

Bei Gewerbebetrieben endlich, welche sehr viel Wasser verbrauchen, kann es vorkommen, daß der Boden durch das verbrauchte Wasser feucht gemacht wird. Ebenso können Berieselungsanlagen u. dergl. zur übermäßigen Befeuchtung des Bodens, zur Erhöhung des Grundwasserspiegels (Gennevilliers bei Paris) führen.

### 4. Oertliche und zeitliche Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit.

a) Oertliche Schwankungen.

Wenn man bedenkt, wie mannigfaltig die Faktoren der Bodenfeuchtigkeit sind (atmosphärische Niederschläge, Sickerwasser, Drainwasser, Ueberschwemmungen, Quellen u. s. w.), und wie abweichend sie sich unter verschiedenen Umständen verhalten, wird man von vornherein annehmen können, daß die Feuchtigkeit unseres Bodens nach Ort und Zeit sehr verschieden sein muß.

Im ganzen genommen ist ein Gebiet feucht: wenn es vor allem reichlichen Regenfällen ausgesetzt ist und dabei eine ebene oder gar muldenförmige Lage hat, wenn es die Wässer ansammelt und nicht ablaufen läßt, ferner wenn der Boden eine hohe Bindekraft für Wasser besitzt und das Wasser nicht in die Tiefe eindringen läßt, dabei auch schwer trocknet; feucht ist also ein feinkörniger, lehmiger, torfiger, an organischen Substanzen reicher Boden; des weiteren ein Boden mit oberflächlich gelagertem, schwankendem, reichlichem Grundwasser (aus Regen, Sicker- oder Drainwasser), dann ein Boden mit guter kapillarer Leitung (feinkörnige, an organischen Substanzen reiche Bodenarten): endlich der Ueberschwemmungen u. ä. ausgesetzte Boden.

Dagegen sind trockene Gebiete: die regenarmen Gegenden, Gebiete mit geneigter Oberfläche und impermeablem Boden, ebenso auch die sehr durchlässigen Böden (Kies-, Sandboden), welche das Regenwasser größtenteils rasch in die Tiefe gelangen lassen und rasch austrocknen; ein an organischen Substanzen armer Boden; Gebiete, in

denen das Grundwasser tief steht, gering ist oder sich ruhig verhält, wo die kapillare Leitung unbedeutend ist; von Ueberschwemmungen verschonte Gebiete u. s. f.

Doch kann auf ein und derselben Stelle der Boden in verschiedenen Tiefen von verschiedener Feuchtigkeit sein, je nachdem Regen auf die Oberfläche gelangt, in die Tiefe filtriert und die Oberfläche wieder austrocknet; ferner je nach der wasserbindenden Kraft der auf einander folgenden Bodenschichten, und infolge von Grundwasserschwankungen.

In Budapest ausgeführte Bestimmungen zeigten mir[30], daß die Bodenfeuchtigkeit in 1, 2 und 4 m Tiefe fortwährend wechselt, sodaß bald die eine, bald die andere Bodenschicht feuchter war. Aehnliches berichtet Hofmann[31] aus seinen in Leipzig angestellten Bodenuntersuchungen.

In Budapest fand ich noch, daß die mittlere Jahresfeuchtigkeit im Boden mit der Tiefe abnimmt. Von 1877—1880 betrug der Wassergehalt im Mittel aus 4 Beobachtungsstationen:

| Tiefe | Wasser in 1000 g Boden |
|---|---|
| 1 | 146 |
| 2 | 141 |
| 3 | 113 |
| 4 | 86 |

Das Grundwasser stand auf allen 4 Stationen mehrere Meter unter dem Boden des tiefsten Bohrloches (4—6 m), konnte somit auch auf die tieferen Schichten des Bohrloches nur von geringem Einfluß gewesen sein.

### b) Zeitliche Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit.

Wenn schon konstatiert werden konnte, daß die örtlichen Verhältnisse der Bodenfeuchtigkeit so komplizierten Faktoren gehorchen, so muß man eingestehen, daß auch die zeitlichen Veränderungen dieser Feuchtigkeit von nicht minder komplizierten Faktoren abhängig sind. Hierher gehören: Verteilung und Menge der Niederschläge; Temperatur-, Bewegungs- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft, welche auf die Verdunstung regulierend einwirken; Verhalten des Bodens gegen Wasser und Feuchtigkeit; Stand und Schwankungen des Grundwassers u. a. m.

Doch ist die zeitliche Schwankung der Bodenfeuchtigkeit in erster Reihe von den Regenfällen abhängig. Durch die reichlichen Frühjahrsregen in unserem Klima, sowie durch Platzregen und andere Niederschläge in den übrigen Jahreszeiten wird vor allem die oberflächliche Bodenschicht über ihre wasserbindende Kraft hinaus mit Feuchtigkeit gesättigt. Dieser Wasserüberschuß wird nun rascher oder langsamer in die Tiefe sinken, die Oberfläche beginnt auszutrocknen, das in den unter ihr liegenden oberen Bodenschichten gebundene Wasser wird durch die Konkurrenz der Kapillarkräfte nach denjenigen Stellen in Bewegung gesetzt, wo in den Kapillaren weniger Wasser enthalten ist, also gegen die austrocknende Oberfläche, und der Boden wird in dieser Weise wieder allmählich nach der Tiefe zu austrocknen, bis ein neuer Niederschlag dazu kommt und der ganze Prozeß von vorn anfängt.

In den oberflächlichen Bodenschichten ist der geschilderte Wechsel von hochgradiger Feuchtigkeit und Austrocknung ein

rascher und wird zu allen Jahreszeiten, vorwiegend aber im Sommer eintreten.

Bis zu welcher Tiefe diese Schicht hinabreicht, kann nicht bestimmt gesagt werden. Sie ist von der Verteilung der Niederschläge, von der Beschaffenheit des Bodens und anderen Faktoren abhängig. Wo Niederschläge und Austrocknen rasch wechseln, werden die besprochenen Feuchtigkeitsschwankungen auf geringere Tiefen sich erstrecken, während an Orten, wo die Regenmenge mit längeren Unterbrechungen niedergeht (Regenperioden der Aequatorialgegenden), eine mächtigere Bodenschicht für einen längeren Zeitraum mit Feuchtigkeit übersättigt, dann wieder für längere Zeit überaus trocken sein wird. Auch in Sand- oder Kiesboden müssen die Feuchtigkeitsschwankungen rascher verlaufen und auf größere Tiefen eindringen als in einem lehmigen, mit organischem Detritus verunreinigten Boden.

In unserem Klima ist diese Bodenschicht mit rasch veränderlicher Feuchtigkeit kaum 1 m (im Herbst) im Frühjahr oder Sommer nicht einmal so stark.

Hofmann nennt diese Schicht sehr zutreffend „Verdunstungszone“[32].

Von der Bodenoberfläche bis zur Wirkungsgrenze des Grundwassers wird die Bodenfeuchtigkeit durch Niederschläge und Austrocknung in mäßigerem Rhythmus reguliert. Auch hier wird der Boden durch niedergehendes Regenwasser zeitweilig übersättigt werden, dann bis zur Grenze seiner wasserbindenden Kraft feucht bleiben, endlich auch diese Feuchtigkeit durch Kapillarität, welche das Wasser gegen die austrocknenden Stellen (die oberflächlichen Schichten) ableitet, vermindert werden. Aus den in Budapest von 1877—1880 angestellten direkten Bestimmungen ergeben sich für die 4 Beobachtungsstationen und für die Tiefen von 1, 2 und 4 m in den einzelnen Monaten folgende Feuchtigkeitsschwankungen[33]. Es waren enthalten in je 1000 g Boden g Wasser im:

| | | | |
|---|---|---|---|
| März | 102 | August | 118 |
| April | 123 | September | 109 |
| Mai | 125 | Oktober | 101 |
| Juni | 117 | November | 95 |
| Juli | 119 | | |

Die Feuchtigkeit des Bodens (Mittelsand) war also vom Winter zum Frühjahr beträchtlich vermehrt, erreichte im Mai ihr Maximum und nahm dann im Sommer langsamer, gegen Herbst aber rascher wieder ab.

Dabei ist es nur natürlich, wenn die tieferen Schichten ihr Feuchtigkeitsmaximum später erreichen und auch später austrocknen als die oberflächlichen. So betrug der Wassergehalt des Bodens in Budapest auf allen 4 Beobachtungsstationen, im Mittel aus 4 Jahren, in den einzelnen Tiefen:

| | März-Mai | Juni-August | Sept.-Nov. |
|---|---|---|---|
| in 1 m Tiefe | 147 | 131 | 117 |
| „ 2 „ „ | 144 | 135 | 117 |
| „ 3 „ „ | 106 | 111 | 102 |
| „ 4 „ „ | 81 | 94 | 74 |

Die größte Feuchtigkeitsschwankung beobachtet man in der oberflächlichen Bodenschicht, wo der Boden durch Regen rasch

übersättigt, aber durch Verdunstung rasch ausgetrocknet wird. Tiefer unten, wo aber die Feuchtigkeit des Grundwassers noch nicht zur Geltung kommt, ist die Bodenfeuchtigkeit successive geringer, gleichzeitig aber auch konstanter. Diese Region nennt Hofmann die „Durchgangszone“.

Das Feuchtigkeitsminimum kann im Boden an der Oberfläche vorkommen, wo die Austrocknung im Sommer einen Grad erreichen mag, bei welchem organische Zersetzungsprozesse und das Gedeihen von Pilzen zeitweilig unmöglich werden (s. unten). Doch ist schon etwas tiefer unten eine so hochgradige Austrocknung nicht wahrscheinlich, weil die tieferen Schichten der austrocknenden Wirkung der Atmosphäre widerstehen, und weil andererseits auch aus dem Grundwasser durch Kapillarität Feuchtigkeit dahin aufsteigen kann. In Budapest enthielt der Boden in 1 m Tiefe bei der beobachteten größten Dürre 40 g Wasser auf 1 kg Erde und in 4 m Tiefe 32 g. Der höhere Wassergehalt (die geringere Austrocknung) der 1 m tiefen Schicht war offenbar durch den Reichtum des Bodens an organischer Substanz bedingt, welche seine wasserbindende Kraft erhöhte und seine Austrocknung erschwerte. Also auch in 1 m Tiefe zeigt die Austrocknung (in Budapest) nicht einen Grad, der das Leben der Mikroorganismen und die Zersetzungsprozesse unmöglich machen würde (s. unten, Kap. V und VI).

Anders wird das Bild der Bodenfeuchtigkeit sein, wo auf letztere auch Stand und Schwankungen des Grundwassers, sowie dessen Kapillarwirkungen von Einfluß sind.

Die vom Grundwasser konstant erfüllte Bodenschicht wird fortwährend, die oberhalb jener folgende Schicht, in welche der Grundwasserspiegel sich während der Schwankungen erhebt, zeitweilig bis zum Maximum durchfeuchtet sein; die oberhalb dieses Grundwasserniveaus folgenden Schichten endlich werden in einem Maße und in einer Ausdehnung, welche der Kapillarität entsprechen, benetzt sein. Hofmann nennt letztere die „Zone der kapillaren Grundwasserstände“; hier wird die Feuchtigkeit im ganzen größer sein und zugleich beträchtlicher schwanken als in der Durchgangszone.

Aus alledem geht klar hervor, daß je oberflächlicher der Grundwasserspiegel steht und je höher derselbe zeitweilig ansteigt, ferner je größer die Kapillarität des Bodens ist, um so wahrscheinlicher ist es, daß die oberflächlichen, verunreinigten, also in hygienischer Beziehung vorwiegend wichtigen Bodenschichten durch das Grundwasser befeuchtet werden. Hingegen kann ein tief stehendes Grundwasser, mit geringen Schwankungen, in einem Boden von geringer Kapillarität, auf die Befeuchtung und die Feuchtigkeitsschwankungen in den oberen Bodenschichten nur von geringem Einfluß sein.

Im allgemeinen wird das Grundwasser den Boden zu Zeiten, wenn es ansteigt, stärker befeuchten, als wenn es fällt. Andererseits steht es fest, daß je bedeutender das Steigen und Sinken, also je größer die Amplitude der Schwankungen war, um so mächtiger auch die befeuchtete Bodenschicht und um so größer die Durchfeuchtung und Austrocknung. So wird also mit den Grundwasserschwankungen im allgemeinen auch die Befeuchtung und Austrocknung des Bodens in gewissen Schichten einhergehen.

Es fragt sich nun, ob man aus den Regenfällen oder aus den Grundwasserschwankungen auf die zeitlichen Veränderungen in der Bodenfeuchtigkeit folgern darf?

### c) Abschätzung (Messung) der örtlichen und zeitlichen Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit.

Aus der Regenmenge und der zeitlichen Verteilung der Niederschläge kann man bloß auf die Feuchtigkeitsschwankungen in den obersten Bodenschichten verläßliche Schlüsse ziehen. Schon um ein geringes unter der Oberfläche mag der zeitliche Unterschied zwischen Regen und Bodenfeuchtigkeit bedeutend sein. Im Sommer und Herbst, wenn die Bodenoberfläche trocken ist, werden selbst durch starke Regenfälle bloß geringe Bodenschichten durchfeuchtet und diese wieder austrocknen, ohne daß auch nur die geringste Feuchtigkeit auf einigermaßen beträchtlichere Tiefen eingedrungen wäre. In diesen Schichten vermag das Regenwasser höchstens das kapillare Aufsteigen der Feuchtigkeit zu verlangsamen.

Es kann mithin aus den Regentabellen auf die Feuchtigkeit aller oberhalb des Grundwassers gelegenen Bodenschichten nicht gefolgert werden. Desgleichen lassen nicht einmal die jährlichen Regenmengen sichere Schlüsse auf die stärkere oder geringere Durchfeuchtung des Bodens im betreffenden Jahre zu, weil das Maß der Befeuchtung von den Jahreszeiten abhängt, auf welche die Regenmenge verteilt war. Sommerregen, welche zwar in Summa bedeutend, aber auf kleine Portionen verteilt waren, werden in der Feuchtigkeit der unter der Oberfläche gelegenen Schichten einen Wechsel kaum hervorrufen.

Regenfälle liefern mithin bloß für die Durchfeuchtung der obersten Bodenschichten (der „Verdunstungszone“) einen verläßlichen Maßstab.

Doch finden wir auch im Stand und den Schwankungen des Grundwassers keinen verläßlicheren Maßstab für die zeitlichen Veränderungen der Feuchtigkeit aller Bodenschichten über dem Grundwasserspiegel. Da nämlich bloß das oberflächlich gelegene Grundwasser vermittelst der Kapillarität in den oberen Bodenschichten eine nennenswerte Feuchtigkeit verursachen kann und höchstens noch dasjenige, welches während bedeutender Schwankungen der Bodenoberfläche sehr nahe kommt, werden nun ähnlich beschaffene Grundwässer — und gerade diese sind am seltensten! — mit ihrem Stand den Grad und die Schwankungen der Feuchtigkeit in den oberhalb gelegenen, hygienisch gerade wichtigsten Bodenschichten unmittelbar anzeigen. Hingegen wird schon bei einem etwas tiefer gelegenen Grundwasser und bei geringeren Grundwasserschwankungen Feuchtigkeit von dem Grundwasser in die oberflächlichen Bodenschichten nicht gelangen. Unter solchen Umständen wird zwischen Stand und Schwankungen des Grundwassers und der Feuchtigkeit der oberflächlichen Bodenschichten ein direkter Zusammenhang nicht bestehen, hier werden die Grundwasserschwankungen nicht direkt anzeigen, daß die Feuchtigkeit der oberflächlichen Schichten die nämliche Veränderung erfahren hat.

Es wurde aber angenommen, daß Schwankungen im Grundwasserstand, selbst wenn dieselben sich innerhalb bescheidener Grenzen bewegen, trotzdem die Feuchtigkeitsschwankungen in den oberhalb

gelegenen Bodenschichten insofern indirekt anzeigen könnten, als dem Steigen des Grundwassers eine Durchfeuchtung des Bodens durch Regenwasser unmittelbar vorangegangen war, und als andererseits, wenn ein Fallen des Grundwasserspiegels aus Regenmangel eintritt, dasselbe auch einen regenlosen, also trockenen Zustand der oberen Bodenschichten dokumentieren wird. Auf dieser Grundlage wurde ein Zusammenhang zwischen Grundwasserschwankungen und Bodenfeuchtigkeit in dem Sinne angenommen, daß erstere, wenn auch nicht die Ursache, so doch einen Indikator für die letztere abgeben.

Doch ist auch diese indirekte Anzeige der Bodenfeuchtigkeit von geringem Wert, weil sie Irrtümern zu sehr ausgesetzt ist. Haben wir doch gesehen, wie z. B. Regenfälle im Sommer und Herbst die oberen Bodenschichten zeitweilig bedeutend durchfeuchten können, ohne daß dies durch den Grundwasserstand angezeigt würde, weil vom Regen nichts bis zum Grundwasser gelangt, ja sogar das letztere zur selben Zeit in fortwährendem Sinken begriffen sein kann.

Ferner wird der Grundwasserstand die Regenfälle, wenn diese dort wirklich in die Tiefe gelangen, erst verspätet anzeigen, und kann die Verspätung nach Orten sehr verschieden sein. Es ist also sehr schwierig, aus den Grundwasserschwankungen auf die zeitliche Durchfeuchtung der oberen Bodenschichten Schlüsse zu ziehen.

Insbesondere wird aber ein Steigen des Grundwassers nicht immer von den lokalen Regenfällen, sondern sehr häufig von Drainage- oder Sickerwässern verursacht sein, wie sich dies z. B. für Budapest, Berlin u. a. Orte nachweisen läßt. Für Berlin war z. B. weiter erwähnt worden, daß die höchsten Grundwasserstände gerade auf eine Zeit fielen, als die oberflächlichen Bodenschichten die Feuchtigkeit am meisten entbehrten, als sie am stärksten ausgetrocknet waren. Wird nun der Grundwasserspiegel durch Hochwasser im Flusse oder durch anlangende Drainagewässer gehoben, so mußte diesem Steigen offenbar nicht eine Durchfeuchtung der oberhalb gelegenen Bodenschichten vorangegangen sein; bei etwas tieferem Grundwasserstand, in einem nicht besonders kapillaren Boden wird sogar ein solches Steigen in den oberen Bodenschichten nicht einmal nachträglich eine nennenswerte Feuchtigkeit verursachen.

Aus alledem muß gefolgert werden, daß Schwankungen des Grundwassers für die zeitlichen Veränderungen in der Feuchtigkeit der oberhalb gelegenen Bodenschichten nicht einmal einen indirekt verläßlichen Indikator abgeben, und daß es nur unter gewissen Verhältnissen, wo nämlich der Grundwasserspiegel wirklich in erster Reihe durch die lokalen Regenfälle erhöht wird, ferner unter Beobachtung gewisser Kautelen, hinsichtlich der Sommer- und Herbstregen, statthaft ist, die Grundwasserschwankungen als Ausdruck der Veränderungen in der Feuchtigkeit der darüber gelegenen Bodenschichten anzusprechen.

Uebrigens hat schon Pettenkofer selbst wiederholt darauf hingewiesen [84], daß das Grundwasser die Durchfeuchtung und Austrocknung der darüber gelegenen Bodenschichten nicht anzeigen wird, wenn z. B. sein Steigen der Stauwirkung von Flüssen, das Fallen aber z. B. einer Drainageeinrichtung zuzuschreiben ist. Auf Grund obiger Erörterungen kann hinzugefügt werden, daß es noch eine ganze Reihe von Fällen giebt, in welchen die Grundwasserschwankungen auch keinen Indikator für die zeitlichen Veränderungen in der Feuchtigkeit der über dem Grundwasser gelagerten Bodenschichten abgeben können.

Nach alledem wird man, wenn man die epidemiologische Bedeutung der Bodenfeuchtigkeit und ihrer Veränderungen studieren und beurteilen will, nicht richtig vorgehen und leicht zu Trugschlüssen gelangen, wenn man auf den Feuchtigkeitsgrad des Bodens einfach aus der Regenmenge oder aus den Grundwasserschwankungen schließen wollte, weil sowohl Regenfälle als Grundwasserschwankungen den Feuchtigkeitsgrad sehr unrichtig anzeigen können. Man darf daher nur mit der äußersten Vorsicht und mit Berücksichtigung der konkreten Lokalverhältnisse aus Regen- und Grundwasserschwankungen auf die örtlichen und zeitlichen Feuchtigkeitsverhältnisse verschiedener Orte folgern, und nur mit solcher Vorsicht die Regen- und Grundwasserverhältnisse verschiedener Orte miteinander in epidemiologischer Hinsicht vergleichen [35].

Wo der Einfluß von Regen und Grundwasserschwankungen auf die Bodenfeuchtigkeit sich so kompliziert gestaltet, bedarf es offenbar eines anderen verläßlicheren Indikators, um den thatsächlichen Feuchtigkeitsgrad des Bodens zu erfahren. Als solcher wurde das sogen. Sättigungsdefizit der atmosphärischen Feuchtigkeit in Vorschlag gebracht [36], worunter die Menge Wasserdampf verstanden wird, welche bei gegebener Temperatur und relativer Feuchtigkeit zur vollständigen Sättigung der Luft noch benötigt würde. Dieses Sättigungsdefizit verläuft selbstverständlich mit dem Trockenheitsgrad der Atmosphäre, mit dem Regenmangel, daher auch mit dem Austrocknen der Bodenoberfläche parallel. Ein längerer Regenmangel, Austrocknung der Bodenoberfläche und hohes Sättigungsdefizit können daher zusammenfallen, müssen es aber nicht; denn es kann vorkommen, daß der Boden auch bei hohem Sättigungsdefizit durch Grundwasser von unten her befeuchtet wird. Es ist wohl wahr, daß das Grundwasser bei hohem und langanhaltendem Sättigungsdefizit (Regenmangel und Austrocknen der Bodenoberfläche) meist sinken wird, weil es von oben keine Zufuhr erhält, überdies durch Kapillarität an die Oberfläche Wasser abgiebt. Doch ist, wie ausgeführt wurde, das Grundwasser in vielen Fällen nicht der Ausdruck für die lokalen Regenfälle und Austrocknungsvorgänge, sondern für Drainage- oder Flußwasserverhältnisse, und so kann es an manchen Stellen vorkommen, daß der Boden auch bei hohem Sättigungsdefizit, sowie bei Regenmangel eigentlich doch feucht ist und das Grundwasser hoch steht.

Also auch das Sättigungsdefizit wird nur bei vollkommener Kenntnis und konkreter Erwägung der lokalen Verhältnisse ein Bild und Maß für die Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit abgeben können.

Aus alledem geht aber hervor, wie nützlich, ja unentbehrlich es wäre, wenn man die örtlichen und zeitlichen Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens durch genauere, verläßlichere und miteinander vergleichbare Methoden bestimmen könnte. Eine solche Methode hat Fodor in Budapest angewandt [37], wo in bestimmten Zeiträumen an verschiedenen Beobachtungspunkten in der Stadt mit einem hierzu geeigneten Bohrer Bodenproben aus gewissen Tiefen entnommen und durch Austrocknen bei 110 ° C auf Feuchtigkeit untersucht wurden.

Pfeiffer [38] und Fleck [39] meinten im Wasserdampf der Grundluft einen direkten Indikator für die Bodenfeuchtigkeit gefunden zu haben: doch stellte sich gar bald heraus (Fodor, Fleck), daß diese Messungen unverläßlich und unzweckmäßig sind, weil die Grundluft in der Regel sowohl bei mäßiger als auch bei hoher Feuchtigkeit des Bodens mit Wasserdampf gleichförmig gesättigt ist.

1) **J. Hann**, *Hdb. d. Klimatologie. Stuttgart* (1883), 99.
2) *S.* **Soyka**, *Boden*, 296.
3) *S.* **Soyka**, *Boden*, 299.
4) **Pettenkofer**, *Die Cholera und die Bodenbeschaffenheit in . . . Krain Aerztl. Int.-Blatt, München* (1861); *ferner: Cholera in Gibraltar, Malta und Gozzo, Z. f. Biol* (1870) *Heft I, II.*
5) **R. v. Schwarz**, *Erster Bericht ü. d. Arb. d. k. k. landw. chem. Vers. Stat. in Wien* (1870/71).
6) **Orth**, *V. f. ger. Med. etc.* (1874).
7) **Flügge**, *Z. f. Biol.* 13.
8) *S.* **Dehérain**, *Cours de chimie agricole* (1873), 256.
9) *Arch. f. Hyg.* 1. *Bd.* 279
10) *Z. f. Biol.* 15. *Bd.* 232.
11) *Z. f. Biol.* 4. *Bd* 2.
12) *Arch. f. Hyg.* 2. *Bd.* 153.
13) *S.* **A. Mayer**, *Handb. d. Agr. Chemie, Heidelberg* (1871) 2. *Bd.* 174.
14) *Die Drainage, Leipzig* (1870) 22.
15) *Vgl.* **Soyka**, *a. a. O. S.* 97.
16) *S.* **Dehérain**, *Cours de chimie agricole* (1873) 257. — **Mayer**, *Lehrb. der Agrikult. Chemie* (1871) 2. *Bd.* 133.
17) *S.* **Mayer**, 2. *Bd.* 136. — **Dehérain**, 259.
18) *Hauptbericht über die Choleraepidemie des Jahres* 1854 *im Königreich Bayern. München* (1857).
19) **Fodor**, *Hygien. Unters. über Luft, Boden und Wasser, Braunschweig* (1881—82).
20) **F Karrer**, *Der Boden der Hauptstädte Europas, Wien* (1881). — **Soyka**. *Der Boden.* — **A. Daubrée**, *Les eaux souterraines, Paris* (1887).
21) **E Suess**, *Ueber den Lauf der Donau, Oesterr. Revue* (1866). — *Vgl* **Soyka**, *Boden.*
22) *S.* **Soyka**, *Boden*, 260.
23) *Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorg.* (1880).
24) **Fodor**, *Hygien. Unters.* 2. *Abt.*, 98.
25) **Parkes**, *Manuel of Pract. Hygiene* (1883) 327.
26) *Monatl. Uebersichten der Ergebnisse von hydrometrischen Beobachtungen etc., herausg. v. d. Sect. d. techn. u. adm. Milit.-Komités, Wien.*
27) **Fodor**, *Hyg. Untersuchg. von Luft, Boden u. Wasser etc.*
28) **Fodor**, *V. f. öff. Ges.* 7.
29) *Hyg. Unters. II. Abt.* 85.
30) **Fodor**, *Hyg. Unters. II. Abt., Taf. VI, Fig.* 3.
31) **Hofmann**, *Arch. f. Hyg.* 1. *Bd.*
32) *Arch f. Hyg* 1. *Bd*
33) **Fodor**, *Hyg. Unters. v. Luft, Boden u. Wasser.*
34) **Pettenkofer**, *Z. f Biol.* 6. *Bd.* 257.
35) *Vgl. auch* **Soyka**, *in Penck's Geogr. Abh.* (1888) *II. Heft* 3.
36) *Vgl.* **Soyka**, *Der Boden, S.* 301.
37) *Ueber die Ziele und Methoden der Bodenuntersuchungen. Jahrbuch des Königl. Vereins Budapester Aerzte* (1876) [*Ungarisch*]. — *Vgl. auch* **Fodor**, *Hyg. Unters. über Luft, Boden und Wasser. II. Abt.* 74.
38) **Pfeiffer**, *Z. f. Biol.* (1873) 243.
39) **Fleck**. *Jahresberichte d. chem. Centralstelle, Dresden* (1873) *u. ff.*

---

VIERTES KAPITEL.

# Die Grundluft.

Pettenkofer war es, der am Anfang der siebziger Jahre den Lehrsatz zuerst aufstellte, daß die Luft an der Bodenoberfläche ihr Ende noch nicht erreicht, sondern in die Tiefe des Bodens eindringt und sich dort an der Zersetzung der organischen Substanzen beteiligt, wodurch sie zu einer hygienischen Bedeutung gelangt. Diese im Innern des Bodens enthaltene Luft ist die Grundluft.

Die Vorbedingung für die Möglichkeit, daß Luft (und auch Wasser) in den Boden eindringen, ist in der Porosität des Bodens gegeben, worunter jene Struktur des Bodenmaterials verstanden wird, bei welcher die Erdpartikel miteinander nicht vollständig, von allen Seiten und an der ganzen Oberfläche in Berührung stehen, sondern Hohlräume einschließen, in welchen sowohl Luft als auch andere Substanzen (Wasser, Schmutzstoffe) enthalten sein können.

Hinsichtlich des physikalischen Verhaltens der für die Hygiene wichtigen Bodenarten zur Luft sind besonders zwei Momente von Bedeutung: die Summe der Hohlräume zwischen den Bodenpartikeln (= Porosität [Fodor], Porenvolumen [Renk]*), und die Größe, sowie die hieraus folgende leichtere oder schwerere Durchlässigkeit der Hohlräume für Luft (= Permeabilität).

## 1) Luftgehalt des Bodens.

Die Summe der Hohlräume im Boden, das Porenvolumen, ist vorwiegend von der Größe, Form und Lagerung der Erdpartikelchen, wodurch die Hohlräume entstehen, abhängig[1]. Nach Pettenkofer kann das Porenvolumen eines Bodens bestimmt werden, indem man lufttrockene Proben in kalibrierte Glaszylinder bringt und so lange schüttelt, bis sich kein weiteres Setzen zeigt. Jetzt wird dem bekannten Volumen Boden Wasser von bekanntem Volumen zugefügt, das Ganze

*) Renk's Bezeichnung ist zwar länger, aber klarer, und weil sie Mifsverständnisse eher ausschliefsen kann, will auch ich sie acceptieren.

gut durchgeschüttelt und das vereinigte Volumen abgelesen. Um wie viel dieses weniger als die Summe der beiden Volumina ist, so viel betrug das Porenvolumen des Bodens.

Diese Methode eignet sich auch als Vortragsversuch.

Flügge hingegen bestimmt das Porenvolumen in der Weise[2], daß er mittelst Messingcylinder natürliche Bodenproben aussticht, die in einem abgeschlossenen Raum befindliche Bodenprobe so lange mit Kohlensäure anfüllt, bis die Luft ausgetrieben ist und zum Schluß das Volumen der wieder ausgetriebenen Kohlensäure bestimmt; er fand in lufttrockenen Bodenproben folgende Porenvolumina:

| | | |
|---|---|---|
| Kies . . . . . . . . . . . . . . . | 38,4—40,1 | Proz. |
| Sand . . . . . . . . . . . . . . . | 35.6—40.8 | „ |
| Lehm . . . . . . . . . . . . . . . | 36,2—42.5 | „ |
| Gemenge aus gleichen Teilen Kies und Sand | 23,1—28,9 | „ |

Schwarz[3] nahm Proben von gewachsenem Boden, bestimmte (trocken) deren absolutes und spezifisches Gewicht und folgerte hieraus auf das wirkliche Porenvolum, für welches er folgende Zahlen erhielt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Grobsand . . . . . . . . . . . . . . . . . | 39,4 | Vol. | Proz. |
| Lehmboden, ohne organische Substanzen . . . . . | 45,1 | „ | „ |
| Thonboden, mit „ „ . . . . . | 52.7 | „ | „ |
| Mooriger Boden, mit 82 Proz. organischen Substanzen | 84,0 | „ | „ |

Mit den soeben beschriebenen Versuchen stimmen auch die Ergebnisse anderer Forscher, die mit ähnlichen oder auch anderen Methoden arbeiteten, überein, so daß im allgemeinen angenommen werden kann, daß das Porenvolumen in Torf, humösen und feinkörnigen Bodenarten am größten, in grobkörnigen Arten schon kleiner, und in Gemengen grob- und feinkörnigen Materials am kleinsten ist. Diese Verhältnisse beruhen auf so einfachen natürlichen Ursachen, daß ich von einer eingehenden Beweisführung absehen kann. Daß Torf und Humus das größte Porenvolumen besitzen, hat seinen Grund offenbar darin, daß diese Bodenarten gleichsam bloß aus einem fein gewobenen Gerüst bestehen, dessen Maschenräume mit Luft erfüllt sind. In grobkörnigem Boden sind zwar die Hohlräume zwischen den Erdpartikeln einzeln groß, gleichsam sichtbar, aber die Anzahl der Partikel und so auch der Hohlräume ist gering, das Volumen wird größtenteils durch kompaktes Gesteinsmaterial eingenommen. Endlich sind im feinkörnigen Boden sowohl die Erdpartikel als auch die Hohlräume zwischen denselben zwar klein, aber zahlreich. Ein mit feinkörnigem Material gemengter grobkörniger Boden wird das kleinste Porenvolumen aufweisen, weil in die Hohlräume zwischen die großen Stücke feinkörniges Material eingedrungen ist und dieselbe teilweise ausfüllt. Es bedarf auch keiner weiteren Erklärung, daß das Porenvolumen im gewachsenen, dann in einem festgestampften oder mit feinkörnigem Material eingeschlämmten Boden geringer ist als in einem aufgelockerten, dem Einschlämmen nicht ausgesetzten oder frisch angeschütteten Boden.

Der Luftgehalt des Bodens wird nur selten seinem absoluten oder Gesamtporenvolumen entsprechen, weil die Hohlräume oft durch Wasser teilweise oder auch vollständig occupiert sind. Den thatsächlichen Gehalt an Grundluft eines natürlichen Bodens zu einer gegebenen Zeit wird man daher nicht einfach aus jenem Poren-

volumen beurteilen, sondern von letzterem noch das Volumen des im Boden enthaltenen freien Wassers zu subtrahieren haben.

Hieraus ist klar, daß der Gehalt des Bodens an Grundluft dem Feuchtigkeitsgrad entsprechend und mit diesem parallel abnimmt. In feuchten Bodenarten, dann in den tieferen Bodenschichten, welche der Austrocknung nicht ausgesetzt sind, wird im allgemeinen weniger Grundluft enthalten sein als in Bodenschichten, welche oberflächlich liegen und rasch austrocknen.

Periodische Durchfeuchtung des Bodens durch Regenfälle oder steigendes Grundwasser wird den Luftgehalt im Boden zeitweilig vermindern und aus den vom Grundwasser gänzlich überfluteten Bodenschichten sogar alle Grundluft austreiben.

Organische Stoffe, Schmutz, die in die Hohlräume des Bodens eindringen und sich an der Oberfläche der Bodenpartikel ansetzen, vermindern ebenfalls den Luftgehalt des Bodens.

## 2) Permeabilität des Bodens für Luft.

Die Durchlässigkeit oder Permeabilität des Bodens für Luft wird wieder von mehreren Faktoren bedingt sein. An die erste Stelle ist die Weite der Hohlräume zu setzen; ein grobkörniger Boden ist daher durchlässiger als ein feinkörniger. Andererseits wird die Permeabilität durch Feuchtigkeit vermindert, weil das Wasser die Oberfläche der Bodenpartikel überzieht und die Hohlräume zwischen denselben einengt. Die Permeabilität mag durch Feuchtigkeit sogar gänzlich aufgehoben werden, weil das in den Hohlräumen durch Kapillarität festgehaltene Wasser die Luftwege von kapillarer Feinheit zum Teil oder sämtlich verstellen kann. Dies geht aus zahlreichen Versuchen hervor[4].

Fleck hat durch gleich hohe Schichten verschiedener lufttrockener Bodenarten Luft aspiriert und auf die Permeabilität aus dem Manometerstand gefolgert; so erhielt er folgende relative Permeabilitäten:

| | |
|---|---|
| Kies | 100,00 |
| Kies und Sand | 62,33 |
| Sand (grobkörnig, mit etwas Thon) | 61,60 |
| Sand (feinkörniger) | 45,86 |
| Sand (noch feinkörniger) | 38,34 |
| Lehmiger feinkörniger Sand | 1,09 |
| Lehm | 0,52 |

Renk hinwieder hat Bodenproben verschiedener Korngröße (von oben durch Irrigation, von unten durch Einstellen in Wasser) bis zur Grenze der wasserbindenden Kraft des Bodens befeuchtet, und konnte dann folgende Luftmengen durch den Boden aspirieren:

| Material | Korngröfse | Porenvolumen | Manometerdruck des Aspirators (mm Wasser) | Geförderte Luftmenge pro Stunde (l) | | | Zurückgehaltene Wassermenge in % des Porenvolums bei Befeuchtung | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | trocken | befeuchtet | | | |
| | mm | Proz. | | | von oben | von unten | von oben | von unten |
| Mittelkies | < 7 | 37,9 | 20 | 15,54 | 14,63 | 13,70 | 6,6 | 12,6 |
| Feinkies | < 4 | 37,9 | 40 | 14,04 | 13,16 | 12,55 | 7,8 | 16,9 |
| Grobsand | < 2 | 37,9 | 40 | 2,33 | 1,91 | 1,71 | 23,4 | 31,2 |
| Mittelsand | < 1 | 55,5 | 150 | 0,84 | 0,23 | 0,00 | 36,4 | 46,5 |
| Feinsand | < 1/3–1/4 | 55,5 | 150 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 65,1 | 77,4 |

Die Permeabilität hat also mit dem Kleinerwerden der Korngröße und mit der Durchfeuchtung des Bodens abgenommen.

Als Vorlesungsversuche eignen sich die folgenden: Man bringt in gleich weite Glasröhren gleich hohe Schichten trockener Bodenproben von verschiedener Korngröße (die durch Siebsätze erhalten wurden); von je zwei Röhren mit dem nämlichen Boden wird die eine bis zur Grenze der wasserbindenden Kraft durchtränkt, dann beide mit Aspiratoren verbunden, welche mit Manometern versehen sind, und unter Einhalten gleichen Manometerdruckes aspiriert. Feinkörniger und feuchter Boden wird kaum etwas Luft durchlassen, der grobkörnige und trockene aber sehr viel.

Soyka hat durch in der beschriebenen Weise gefüllte Röhren Leuchtgas geleitet und mit der verschiedenen Größe der Glasflammen die verschiedene Permeabilität der Bodenarten demonstriert. Pettenkofer hat gezeigt daß man durch in einem weiten Cylinder enthaltenen (leicht permeablen) Boden Luft durchblasen und die Permeabilität des Bodens durch Ausblasen einer vorgehaltenen Kerze veranschaulichen kann.

Die obigen Versuche beweisen, daß in einem feuchten Lehmboden, wo ohnedies wenig Luft verblieben ist, diese in der Bewegung und in ihrem Austausch mit der Atmosphäre sehr behindert ist; dagegen wird in einem Kies- oder Sandboden, selbst wenn er feucht ist, nicht nur mehr Luft verbleiben, sondern diese auch leichter hin- und herströmen und mit der Atmosphäre in Austausch treten können.

Daß diese Verhältnisse auf die im Boden verlaufenden Zersetzungsprozesse, deren Charakter und Schnelligkeit, sowie auf deren mit der Permeabilität parallel verlaufenden Veränderungen von wesentlichem Einfluß sind, versteht sich wohl von selbst, soll aber weiter unten noch ausführlicher besprochen werden.

Die Permeabilität des Bodens, resp. die Möglichkeit von Luftbewegung im Boden ist auch von der Mächtigkeit der Bodenschichten abhängig, durch welche die Luft zu dringen hat und wo sie Reibung erfährt. Welitschkowsky hat nachgewiesen, daß die Permeabilität des Bodens mit der Mächtigkeit der Schicht, obschon in langsamerer Progression, abnimmt. Endlich geht aus den Untersuchungen von Amon und von Renk hervor, daß die Permeabilität eines feuchten Bodens durch Gefrieren noch weiter vermindert wird (a. a. O.).

### 3) Konstitution der Grundluft.

Boussingault und Lévy aspirierten bereits im Jahre 1852 Luft aus dem Ackerboden[5], und zwar aus einer Tiefe von 0,3 und 0,4 m, und haben dabei die auffallende Erfahrung gemacht, daß jene Luft sehr reich an Kohlensäure, hingegen arm an Sauerstoff war. Sie fanden bei einer ihrer Bestimmungen in 100 Raumteilen Grundluft:

| | | |
|---|---|---|
| Sauerstoff | 10,35 | Volume |
| Kohlensäure | 9,74 | „ |
| Stickstoff | 79,91 | „ |

Diese Arbeit hat aber trotz der Originalität und Neuheit der Idee und ihrer Tragweite auf die Denkungsart der Hygieniker keinen Einfluß gehabt, bis Pettenkofer i. J. 1871 seine eigenen Untersuchungen über die chemischen Eigenschaften der Grundluft mitteilte[6] und nachwies, daß die Grundluft reicher an Kohlensäure ist als die freie Luft,

ferner daß der Kohlensäuregehalt mit der Tiefe zunimmt, und im Herbst am größten, im Frühjahr aber am kleinsten ist.

Nach ihm haben Fleck[7], Fodor[8], Nichols[9], Lewis und Cunningham[10], Möller[11], Smolensky[12], Wolffhügel[13], Renk[14] und wiederholt Pettenkofer selbst[15] und andere die Eigenschaften und die hygienische Rolle der Grundluft studiert.

Aus diesen Untersuchungen ging zunächst hervor, daß die Grundluft eine Fortsetzung der Atmosphäre in die Poren des Bodens ist, da in den oberflächlichen Bodenschichten und in ganz reinem Boden beide Luftarten dieselbe Zusammensetzung aufwiesen. Es stellte sich aber auch heraus, daß die Grundluft im Boden offenbar zu den Zersetzungsprozessen der organischen Substanzen verbraucht wird, indem dieselbe im unreinen Boden, mit der atmosphärischen Luft verglichen, gerade in dem Maße kohlensäurereicher ist, als sie weniger Sauerstoff enthält. Fodor fand zu Budapest in aus 1 m Tiefe aspirierter Grundluft als Mittel aus 13 Bestimmungen 20,031 Vol.-Proz. Sauerstoff und 1,019 Vol.-Proz. Kohlensäure, was zusammen 21,050 Vol.-Proz. ausmacht, während mit dem nämlichen Eudiometer angestellte Analysen für die atmosphärische Luft 21,029 Vol.-Proz. Sauerstoff ergaben, welche mit dem mittleren Kohlensäuregehalt der Luft 21,068 Vol.-Proz. — also beinahe ganz die in der Grundluft gefundene Menge — ergeben würden.

Es ist klar, daß, wenn die Kohlensäure nicht von einem Sauerstoffverbrauch herrührte, sondern aus einer anderen Quelle in die Grundluft gelangt sei, der Sauerstoffgehalt der Grundluft mehr hätte betragen müssen, als thatsächlich gefunden wurde*).

Doch sind die Mengen der gebildeten Kohlensäure nicht immer dem verbrauchten Sauerstoff entsprechend, sondern zuweilen etwas geringer, häufiger aber bedeutend größer, namentlich in den tieferen Bodenschichten. Zu Budapest enthielt die Grundluft in 4 m Tiefe im Mittel (aus 11 Bestimmungen) in 100 Vol.: Sauerstoff 17,906 + Kohlensäure 3,761 = 21,667. Dies kann aus den Versuchen von Boussingault und Lévy, Popoff[16] und Fodor[17] damit erklärt werden, daß der Kohlensäureüberschuß durch Entziehen von Sauerstoff aus Substanzen herstammt, die viel gebundenen Sauerstoff enthalten, daß also in solchen Fällen im Boden nicht ausschließlich eine einfache Verwesung, d. h. Oxydation durch freien Sauerstoff der Luft stattfindet, wie Fleck annimmt, sondern ausnahmsweise auch eine Reduktion sauerstoffhaltiger Verbindungen, also Fäulnis. Im absichtlich in Fäulnis versetzten — vom Luftzutritt abgeschlossenen — Boden wird der Sauerstoff thatsächlich verschwinden und die entwickelte Kohlensäure, auf 100 Raumteile Luft berechnet, beträchtlich höher als 21 Proz. (das gewesene Mengenverhältnis des Sauerstoffs) steigen, ja bis 49 Proz. und mehr erreichen können (Fodor).

Der vermehrte Kohlensäuregehalt der Grundluft ist also zunächst Folge und Maßstab der Oxydation organi-

---

*) Wenn sich nämlich zu 100 Raumteilen Luft, welche aus 21,030 O 0,038 $CO_2$ und 78,932 N bestehen, 0,98 $CO_2$ (0,98 + 0,038 = 1,019) gesellen, müfsten in 100 Raumteilen dieses Gasgemisches 20,82 O enthalten sein und nicht 20,031, wie thatsächlich gefunden wurde. — In einer Luft, welcher Kohlensäure blofs beigemengt wird, verhält sich der Sauerstoff zum Stickstoff wie in der Atmosphäre, also wie 21 : 79; wo aber die Kohlensäure durch Sauerstoffverbrauch gebildet wurde, ist das Verhältnis von O zu N kleiner. In der oben citierten Grundluft war das Verhältnis von O zu N thatsächlich wie 20,3 : 79.

scher Substanzen im Boden, mag aber eventuell auch Folge und Maßstab der Fäulnis im Boden sein.

Außer dieser Kohlensäurezunahme kann eine weitere Veränderung der Luft im Boden nicht recht nachgewiesen werden, was um so mehr auffallen muß, als die aus einem verunreinigten Boden angesogene Luft nicht bloß beißend schmeckt (von der Kohlensäure), sondern auch einen auffallend üblen Geruch verbreitet. Doch kann es an der Unzulänglichkeit der bisherigen Untersuchungen liegen, daß unsere Kenntnisse diesbezüglich negativ sind. In einem künstlich verunreinigten Boden hat Nichols Sumpfgas gefunden, und Fodor konnte Schwefelwasserstoff nachweisen; beide Befunde haben nichts Auffälliges.

Erwähnenswert ist der Befund von Fleck und von Fodor, daß die Grundluft in der Regel mit Wasserdampf gesättigt ist, was nebenbei auch nur natürlich erscheinen wird, weil selbst der trockenste Boden (s. oben) so viel Wasser enthält, daß die Grundluft mit den zur Sättigung nötigen Dämpfen reichlich versorgt werden kann.

Fodor hat die Grundluft in 1 und 4 m Tiefe längere Zeit auch auf Ammoniak untersucht, aber weniger gefunden (0,0188, resp. 0,036 mg pro cbm Luft) als in der Atmosphäre (0,0334).

In der Grundluft kommen ausnahmsweise auch Verunreinigungen vor. So können in Städten aus den Gasleitungen Bestandteile des Leuchtgases und insbesondere auch Ammoniak reichlich in den Boden und in die Grundluft gelangen. Aus kohlensäurereichen Mineralquellen kann Kohlensäure in der Grundluft sich verbreiten, oder es können sogar Kohlensäurequellen direkt eindringen und die Grundluft mit Kohlensäure versetzen. Ueber auf diesem Weg kohlensäurehaltig gewordenen Boden und Grundluft stehen mir keine Angaben zur Verfügung, doch kann aus den bekannten Kohlensäurequellen (Laach, Hundsgrotte bei Neapel, Torja in Ungarn) gefolgert werden, daß ein Ueberfluten der Grundluft mit solcher Kohlensäure möglich ist. Ein ähnliches Eindringen vorgebildeter Kohlensäure in die Grundluft würde sich nach Obigem (Fußnote auf S. 108) dadurch verraten, daß in einer solchen Grundluft, trotz des hohen Kohlensäureprozentes, der Sauerstoff sich zum Stickstoff doch annähernd wie in der Atmosphäre (21 : 79) verhalten würde.

### Schwankungen des Kohlensäuregehaltes in der Grundluft.

Wenn man mit organischen Substanzen verunreinigte Bodenproben in Glasgefäße einschließt und zeitweise Luftproben entnimmt, wird man gewahr, daß der Kohlensäuregehalt stetig ansteigt, der Sauerstoff hingegen abnimmt und endlich ganz verschwinden kann.

Auch im natürlichen Boden ist eine beträchtliche Zunahme der Kohlensäure mit paralleler Sauerstoffabnahme zu beobachten, nur daß ein gänzliches Verschwinden des Sauerstoffs hier im natürlichen Boden bisher nicht beobachtet wurde. Pettenkofer konnte im Münchener Boden in 4 m Tiefe bis 28,14 ‰ Kohlensäure beobachten, Fleck zu Dresden in 6 m Tiefe 75,1 ‰ (Maximum aus 1873—75) und Fodor zu Klausenburg in 4 m Tiefe bis 140,02 ‰.

Der Kohlensäuregehalt der Grundluft ist jedoch ein ganz variabler und unbeständiger, und zwar können wir Schwankungen der Kohlensäure nach Ort und nach Zeit unterscheiden.

### a. Lokale Unterschiede im Kohlensäuregehalt der Grundluft.

Aus den obigen Beispielen war schon ersichtlich, daß der gefundene höchste Kohlensäuregehalt an verschiedenen Orten (München, Klausenburg, Dresden) nicht übereinstimmte. Aehnliche Unterschiede finden sich aber auch auf verschiedenen Punkten derselben Stadt; so ergaben die zu Budapest an drei voneinander entfernt gelegenen Punkten in 1877—79 angestellten Bestimmungen folgende durchschnittliche Kohlensäurewerte (Fodor):

| | In der Tiefe von: | | |
|---|---|---|---|
| | 1 m | 2 m | 4 m |
| Ullöer-Kaserne . . | 4.8 ‰ | 6.6 ‰ | 28.7 ‰ |
| Neugebäude-Kaserne | 13,7 „ | 19,3 „ | 20,1 „ *) |
| Karls-Kaserne . . | 18,1 „ | 28,4 „ | 36,5 „ |

Aus diesen Zahlen ist aber auch zu sehen, wie der Kohlensäuregehalt der Grundluft mit der Tiefe zunimmt, was durch an anderen Orten ausgeführte zahlreiche Bestimmungen ebenfalls bewiesen wird.

Die Zunahme des Kohlensäuregehaltes in verschiedenen Böden und mit der Tiefe ist hauptsächlich von zwei Faktoren bedingt, nämlich von den im Boden verlaufenden, Kohlensäure produzierenden Zersetzungsprozessen, und andererseits von der Permeabilität des Bodens. Je stärker der Boden verunreinigt ist, und je lebhafter die Zersetzungsprozesse vor sich gehen, um so mehr Kohlensäure wird produziert, wie das im nächsten Kapitel ausführlicher dargelegt ist. Hieraus hat man gefolgert, daß der Kohlensäuregehalt der Grundluft ein Indikator für den Grad der Bodenverunreinigung wäre, doch wurde der in dieser Folgerung steckende Irrtum sofort eingestanden, als man erkannte, daß der thatsächliche Kohlensäuregehalt neben der produzierten Menge auch davon abhängen muß, ob die Grundluft mit der Atmosphäre in leichten und raschen Austausch treten kann oder nicht, in welch' letzterem Falle die — vielleicht in geringerer Menge gebildete — Kohlensäure sich anhäufen muß. Der Kohlensäuregehalt ist also auch von der Permeabilität des Bodens abhängig. Hierdurch wird auch erklärlich, warum in Budapest und auch an anderen Orten (Fleck, Wolffhügel u. a.) in den tieferen Bodenschichten mehr Kohlensäure gefunden wurde als in den oberflächlicheren, obschon diese mehr verunreinigt waren.

Fodor hat den Einfluß der Permeabilität auf den Kohlensäuregehalt der Grundluft auch durch direkte Versuche beleuchtet. In zwei große Glascylinder wurde Boden von gleichem Material, aber verschiedener Korngröße, mithin von verschiedener Permeabilität gebracht und in gleichem Maße verunreinigt; das eine Gefäß lieferte Luft mit 2,5 bis 3,2 ‰ $CO_2$, das andere aber, dessen Bodenprobe eine $5^1/_2$-fach geringere Permeabilität besaß, beinahe 5mal so viel $CO_2$, nämlich 9,6 bis 12,5 ‰ [18]. Demnach wird die Zunahme des Kohlensäuregehaltes der Grundluft an ein und derselben Stelle mit zunehmender Tiefe nicht etwa durch eine gleiche Zunahme von Schmutz und Zersetzung gegen die Tiefe, sondern vielmehr durch die schwierigere Auslüftung und durch den hier langsameren Austausch mit der kohlensäurearmen freien Luft bedingt sein. Und ebenso wird der verschiedene Kohlensäuregehalt der

*) in 3 m Tiefe.

einzelnen Bodenarten noch nicht anzeigen, daß die Verunreinigung und Zersetzung in diesen verschieden ist, weil derselbe auch von der verschiedenen Permeabilität des Bodens herrühren kann. Auf Verunreinigung und Zersetzung könnte man nur in jenen Fällen mit einiger Berechtigung folgern, wo die verglichenen Bodenproben von gleichen Permeabilität, und trotzdem von bedeutend verschiedenem Kohlensäuregehalt gefunden wurden. Die entgegengesetzte Ansicht von Smolensky und anderen, welche die Bedeutung der Permeabilität des Bodens für den Kohlensäuregehalt der Grundluft niedriger angeschlagen haben, kann nicht acceptiert werden.

### b. Zeitliche Schwankungen im Kohlensäuregehalt der Grundluft.

Der Kohlensäuregehalt der Grundluft zeigt auch zeitliche Veränderungen, indem er von Jahr zu Jahr, dann nach Jahreszeiten, ja sogar von einem Tag zum anderen wechselt.

Die von einem Jahr zum anderen beobachteten Veränderungen werden durch folgendes, den Beobachtungen von Fleck entnommenes Beispiel hinlänglich illustriert:

| | Mittlerer Kohlensäuregehalt der Grundluft in Vol.-$^0/_{00}$ in der Tiefe von: | | |
|---|---|---|---|
| Jahr | 2 m | 4 m | 6 m |
| 1873 | 24.4 | 48,0 | 61,6 |
| 1874 | 22,0 | 38,4 | 57,5 |
| 1875 | 25,2 | 47,1 | 48,9 |

Noch auffallender geht das aus den in Budapest angestellten Grundluftuntersuchungen hervor[19].

Bedeutender als die Jahresschwankungen sind die nach Jahreszeiten beobachteten.

Fodor fand in Budapest den aus mehreren Beobachtungsstationen berechneten mittleren Kohlensäuregehalt in Vol. pro mille für die Jahre 1877—79, wie folgt:

| | In der Tiefe von: | | |
|---|---|---|---|
| | 1 m | 2 m | 4 m |
| Januar | 6.5 | 12,6 | 25.0 |
| Februar | 6,8 | 12,2 | 24,8 |
| März | 7,0 | 11,8 | 24,7 |
| April | 9.9 | 14,9 | 25,2 |
| Mai | 11.5 | 16,1 | 27,2 |
| Juni | 14,5 | 21,5 | 29.2 |
| Juli | 15,8 | 22,8 | 35,9 |
| August | 12,8 | 20,7 | 32,6 |
| September | 10,9 | 19.3 | 31.4 |
| Oktober | 9,8 | 15,0 | 29,4 |
| November | 8,4 | 13,8 | 26,5 |
| Dezember | 8.1 | 12.6 | 25.8 |
| Verhältnis der Monatsminima zu den Maxima wie | 1 : 2,4 | 1 : 1,8 | 1 : 1.4 |

Noch weitläufiger sind die Schwankungen nach Jahreszeiten in den Tabellen von Fleck, welcher Forscher z. B. im Jahre 1873 für die einzelnen Monate folgende Kohlensäurewerte in Vol. pro mille mitteilt:

| | Tiefe von: 2 m | 4 m | 6 m |
|---|---|---|---|
| Maximum . . . . . . | 44,3 (Juli) | 60,1 (Okt.) | 75,1 (Okt.) |
| Minimum . . . . . . | 7,0 (Febr.) | 39,9 (April) | 48,9 (Juli) |
| Verhältnis der Monatsminima zu den Maxima wie | 1 : 6,3 | 1 : 1,5 | 1 : 1,5 |

Aus diesen Daten geht auch hervor, daß die Schwankung nach Jahreszeiten im Kohlensäuregehalt der Grundluft in den oberflächlicheren Bodenschichten beträchtlicher ist als in den tiefer gelegenen, ferner daß der maximale Kohlensäuregehalt auf die warme Jahreszeit und zwar um so später fällt, je größer die Bodentiefe, der minimale aber auf das Frühjahr und auch hier mit zunehmender Tiefe immer später.

Aus diesem Verhalten der Grundluft kann auch die Naturkraft erschlossen werden, welcher man die jahreszeitliche Zunahme des Kohlensäuregehaltes hauptsächlich zuschreiben muß: es ist die Erwärmung des Bodens und die damit einhergehende Zersetzung der organischen Substanzen daselbst. Die geringste Kohlensäuremenge wird nämlich im kalten Frühjahrsboden und die größte im warmen Sommer- und Herbstboden angetroffen. Eine zeitliche Vermehrung der Kohlensäure in der Grundluft vermag daher für eine gewisse Stelle einen Indikator für die Intensität und für die zeitliche Schwankung der Zersetzungprozesse im Boden abzugeben. Doch ist dieser Indikator wieder nicht von absolutem Wert, weil eine zufällige Veränderung in der Permeabilität des Bodens, z. B. eine Verminderung infolge von Regenfällen, auch den Kohlensäuregehalt zu verändern, zu erhöhen vermag. Es geht aus der Beobachtung von Lewis und Cunningham in Calcutta hervor, daß, wenn die oberflächlichen Poren des Bodens während der Regenzeit durch Wasser verstopft waren, der Kohlensäuregehalt in den tieferen Bodenschichten schnell und bedeutend anstieg.

Doch wird die Schwankung in der Kohlensäurezunahme auch durch die zeitlichen Schwankungen in der Bodenfeuchtigkeit zweifellos schon darum beeinflußt werden, weil die Feuchtigkeit auf die Zersetzung der organischen Substanzen und damit auf die Kohlensäureproduktionen steigernd einwirkt. In den Fällen von Lewis und Cunningham konnte also die Kohlensäurezunahme zum Teil eine Folge der durch Feuchtigkeit erhöhten Bildung von Kohlensäure sein. Eine plötzliche und deutliche Steigerung der Bodenkohlensäure nach ergiebigem Regen ist auch auf der Tabelle von Fodor (vom 3. bis 10. Juli 1877) zu ersehen (a. a. O. Abt. I, Tafel I und II).

Der Kohlensäuregehalt der Grundluft zeigt aber auch in kürzeren Zeiträumen, von Tag zu Tag Schwankungen. Dies ist aus den Untersuchungen zu Budapest[20] ersichtlich, wo die aus 1 m Tiefe aspirierte Grundluft von einem Tag zum anderen häufig genug die zweifache Kohlensäuremenge enthielt, welche dann wieder auf das vorige Maß abfiel. Als Grund dieser Tagesschwankungen hatte Fodor in erster Reihe das Strömen und Wogen der Grundluft im Innern des Bodens in Anspruch genommen, worauf sofort zurückgekommen werden soll. Außerdem sind die Kohlensäureschwankungen in kurzen Zeiträumen abhängig vom Regen, welcher, wie soeben ausgeführt wurde, die Poren des Bodens verlegt und den Austausch der Grundluft mit der Atmosphäre behindert, dann vom Winde, welcher besonders die oberflächlichen Bodenschichten

auslüftet. Nicht so klar kann der Einfluß von Luftdruckschwankungen nachgewiesen werden, auf welche Vogt[21] in hygienischer Beziehung Gewicht legte, behauptend, daß die Grundluft bei fallendem Barometerstand vom Drucke der atmosphärischen Luft teilweise befreit wird, sich ausdehnt und an der Oberfläche austritt (Fodor).

### 4. Strömungen der Grundluft.

Es muß natürlich erscheinen, daß die Grundluft als gasförmiger Körper im Boden verhältnismäßig (mit dem Wasser verglichen) leicht beweglich ist. Alles, was eine Aenderung in den Gewichtsverhältnissen von Grundluft und Atmosphäre bewirkt, wird die erstere in einem durchlässigen Boden in Bewegung versetzen. Von diesen Strömungen nehmen das Eindringen in Häuser und das Austreten auf die Bodenoberfläche unser Interesse vor allem in Anspruch.

Schon Pettenkofer hat ausgeführt, daß die Häuser mit ihren in den Boden reichenden Fundamenten — besonders in der kalten Jahreszeit — wie Lockkamine wirken und die Grundluft ansaugen werden. Zur Illustrierung dieser Thatsache berief sich Pettenkofer auf die (in Augsburg und an anderen Orten vergekommenen) Vergiftungsfälle, in welchen aus den im Straßenboden geborstenen Gasröhren ausgeströmtes Leuchtgas durch den Boden in Nachbarhäuser eindrang und hier Todesfälle verursachte[22].

Solche Vergiftungsfälle sind in der Litteratur zahlreich verzeichnet[23]. Hierher gehört auch der Budapester Fall. Am 30. Januar 1884 geschah es, daß in einer breiten Vorstadtsgasse, in auf beiden Seiten einander gegenüberliegenden, nicht unterkellerten zwei ebenerdigen Häusern in mehreren Wohnungen 5 Menschen infolge von Lenchtgasvergiftung verstarben und 6 Personen schwer erkrankten; das Leuchtgas war aus den in der Straße 50 cm tief verlegten, in einer Entfernung von 4,75 und 7,0 m von den Häusern geborstenen Rohre ausgeströmt und in die Wohnungen eingedrungen. Zu Breslau war im strengen Winter 1879—80 binnen 6 Wochen Leuchtgas von der Straße in 10 Wohnungen eingedrungen, zumeist in Häuser, welche selbst nicht einmal Gasleitungen hatten. In einem Fall befand sich das Loch im Straßenrohr auf 27 m von dem Hause, in welches das Gas eingedrungen war (Biefel und Poleck).

Forster hat nachgewiesen, daß die aus gärendem Most entwickelte Kohlensäure sich aus dem Keller in die oberen Stockwerke des Hauses verbreitete, und hat hieraus auch ein ähnliches Aufsteigen der Grundluft gefolgert[24]. Renk[25] hat mittelst eines Recknagel'schen Differentialmanometers nachgewiesen, daß der Luftdruck im Innern des Bodens und in dem darüber gelegenen Keller verschieden ist, und hieraus gefolgert, daß die Grundluft im Winter, unter dem Druck der kälteren Außenluft, thatsächlich in den Keller eingedrungen war. Direkte Untersuchungen hat diesbezüglich Fodor[26] angestellt. In einem leer stehenden Souterrainzimmer des hygienischen Institutes zu Budapest wurde der Kohlensäuregehalt der Luft unmittelbar über dem Fußboden ein Jahr hindurch täglich (in der Nacht und am Tage) bestimmt; derselbe war konstant größer als im Freien und zeigte besonders im Herbst zeitweilig eine ganz besondere Er-

höhung, was Fodor auf das Eindringen von Grundluft in die Souterrainlokalitäten zurückführte (s. unten). Nach alledem kann für sicher bewiesen gehalten werden, daß die Grundluft in Gebäude eindringt, und daß dieses Eindringen im Herbst und Winter im größten Maße stattfindet, zu welcher Zeit einerseits der Boden durchlässig (trockener), andererseits die atmosphärische Luft kälter, also auch schwerer ist als die Luft in den Häusern, mithin die Grundluft in die Wohnungen drängen wird.

Die eingedrungene Grundluft vermag, wenn sie eventuell sehr reich an Kohlensäure und sehr sauerstoffarm ist, in Häusern und Kellern eine arge Luftverderbnis zu verursachen, welche selbst zu Todesfällen führen kann. So ist in Budapest am 7. September 1885 ein Zimmermaler beim Betreten eines seit drei Jahren verschlossenen leeren Kellers besinnungslos zusammengestürzt; er wurde herausgetragen und kam zwar zu sich, verstarb aber anderen Tags im Krankenhause. Die Asphyxie war offenbar durch Ansammlung von Grundluft im Keller verursacht. In der Litteratur finden sich noch viele Fälle verzeichnet, in denen Menschen in Kellern, Gruben oder Brunnen asphyktisch wurden und sogar starben[27]. Am erschütterndsten ist der folgende von Fodor beobachtete und beschriebene Fall[28]: In der Vorstadt Steinbruch von Budapest wurde auf einer Schweinemastanlage ein mit Erde und überdies mit einer Steinplatte bedeckter Brunnen, nachdem er 2 Jahre lang verschlossen war, aufgedeckt. Ein Arbeiter wollte mittelst Leiter einsteigen (am 30. März 1885). Sobald sein Kopf unter dem Rand des Brunnenkranzes verschwand, fiel der Mann ohne einen Laut von der Leiter und stürzte ins Wasser hinab. Dasselbe widerfuhr 3 anderen Arbeitern und der jungen Frau des einen, die zur Rettung der Verunglückten einstiegen. Ein sechster Arbeiter verdankte seine Rettung nur der Vorsicht, daß er an einem Rettungsseil hinabgelassen wurde. Auch er fiel ohnmächtig von der Leiter, wurde aber sofort hinaufgezogen und kam zu sich. Die übrigen konnten nur als Leichen herausgezogen werden. Der Brunnen war 8 m tief und hatte einen Durchmesser von 4 m; die Wände waren mit porösen Steinquadern ausgemauert. Fodor hat 57 Tage nach dem Unfall die Luft in dem während dieser Zeit verschlossen gehaltenen Brunnen untersucht; sie enthielt weder Kohlenwasserstoff noch Schwefelwasserstoff oder Kohlenoxyd, aber sehr viel Kohlensäure, nämlich 2 m unter der Mündung 13,0 und näher zum Wasserspiegel (5,6 m) 13,8 Proz. Das Wasser des Brunnens enthielt im Liter 148,2 ccm $CO_2$, hätte aber mit Rücksicht auf die Temperatur 163 ccm freie Kohlensäure enthalten, also Kohlensäure noch absorbieren können. Die Kohlensäure stammte folglich nicht aus dem Wasser. Das den Brunnen umgebende Erdreich war im höchsten Grade verunreinigt; die Grundluft enthielt auf 1 m vom Brunnen in 4 m Tiefe 72 Promille Kohlensäure.

Daß die Grundluft im Innern des Bodens und gegen die Bodenoberfläche strömt, geht auch aus weiteren Untersuchungen von Fodor[29] und Smolensky[30] hervor, bei welchen Kohlenoxydgas in den Boden eingeblasen wurde.

Dieses Austreten von Grundluft an die Bodenoberfläche hat Fodor schon früher in Klausenburg und dann in Budapest[31] durch Vergleichung des Kohlensäuregehaltes der unmittelbar am Boden aufliegenden und der höheren Luftschichten direkt nachgewiesen. Es war

z. B. im Jahre 1878 zu Budapest $^1/_2$ bis 1 cm über dem Bodenniveau und in $2^1/_2$ m Höhe der Kohlensäuregehalt der Luft in Vol. pro mille:

| | Bodenniveau | Höhe |
|---|---|---|
| Januar | 0.303 | 0.372 |
| Februar | 0,337 | 0.364 |
| März | 0.369 | 0.356 |
| April | 0.385 | 0.334 |
| Mai | 0,522 | 0,388 |
| Juni | 0.377 | 0.340 |
| Juli | 0,423 | 0.352 |
| August | 0.669 | 0.387 |
| September | 0,545 | 0.405 |
| Oktober | 0,443 | 0.415 |
| November | 0.391 | 0,382 |
| Dezember | — | 0,384 |

Das heißt: im Winter enthält die Luft am Bodenniveau relativ weniger Kohlensäure als in der Höhe, im Mai bis Oktober hingegen beträchtlich mehr als in den oberen Luftschichten. Diese Erscheinung könnte vielleicht einfach aus der Diffusion der im Boden enthaltenen Kohlensäure resp. aus der an der Oberfläche vor sich gehenden Zersetzung und Kohlensäureproduktion abgeleitet werden; doch hat Fodor des weiteren nachgewiesen, daß dieser Kohlensäuregehalt am Bodenniveau von Tag zu Tag fortwährend und bedeutend, insbesondere im Herbst schwankt, und namentlich daß derselbe auch am Tage und in der Nacht verschieden, in der Regel während der Nacht größer ist als am Tage. Dieses Verhalten und die Schwankungen des Kohlensäuregehaltes am Bodenniveau konnten nun nicht mehr einfach auf Schwankungen der Diffusions- und Zersetzungsprozesse am Bodenniveau zurückgeführt werden, und sind nur dadurch erklärbar, daß die Grundluft zeitweilig, besonders im Herbst und des Nachts, im Boden Strömungen unterworfen ist und dabei auch an die Bodenoberfläche austritt.

Die Nebel, welche besonders im Herbst und bei Sonnenuntergang die über dem Boden gelagerten, sich abkühlenden Luftschichten erfüllen, führt Fodor auf Grund des Gesagten zu gutem Teil auf das Austreten von warmer feuchter Grundluft zurück[32].

Wolffhügel[33] hat in München den Kohlensäuregehalt der Luft am Bodenniveau und in höheren Schichten gleichfalls verglichen, aber an ersterem Ort einen höheren Gehalt nicht gefunden, was offenbar darauf zurückzuführen ist, daß die Münchener Grundluft überhaupt wenig Kohlensäure enthielt und daher die Bodenniveauluft nicht in nachweisbarem Maße verunreinigen konnte. Doch fielen die Untersuchungen von Wolffhügel auch in eine Jahreszeit, nämlich vom 2. Dezember 1874 bis Ende Juli 1875, in welcher auch zu Budapest das Austreten von Grundluft (vermehrte Kohlensäure am Bodenniveau) sich viel geringer zeigte als im Herbst.

## Ursachen der Grundluftbewegungen.

Die wichtigsten Ursachen von Grundluftbewegungen sind Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Luftschichten. Wenn die atmosphärische Luft kalt, der Boden aber und mit ihm die Grundluft warm ist, wird erstere vermöge ihres größeren Gewichtes an einzelnen Stellen in den Boden eindringen, und die Grundluft wird an anderen Stellen ausströmen. Wenn aber Boden und Grundluft kälter

sind als die Atmosphäre, wird die Grundluft vermöge ihres größeren Gewichtes im Boden verharren und nicht ausströmen.

Demnach muß die Tendenz der Grundluft, auszuströmen, im Herbst, wenn der Boden durchwärmt und infolge der Austrocknung am durchlässigsten ist, am größten, dagegen im Frühjahr am geringsten sein. Desgleichen wird am Abend, wenn die äußere Luft sich rasch abkühlt, der Boden aber noch warm ist, die Grundluft in die Atmosphäre austreten, des Morgens aber nicht. Aus ähnlichen Ursachen sind auch die gegen Häuser gerichteten Grundluftströme im Herbst und Winter am lebhaftesten, weil dann die Häuser geheizt werden, und die Luft in denselben künstlich verdünnt wird.

Die Grundluftströmungen werden — wie oben bereits erwähnt — auch vom Winddruck beeinflußt, welcher an einer Stelle Luft in den Boden einpreßt, wofür an anderen Stellen Grundluft ausströmt, — ferner durch Meteorwässer, welche beim Eindringen in den Boden von hier ein gleiches Volumen Grundluft an anderen Orten zum Austritt bringen, — und endlich in geringem Maße auch durch Barometerschwankungen, da bei abnehmendem Luftdruck am Bodenniveau etwas mehr Kohlensäure gefunden wurde als bei steigendem Barometerstand (Fodor).

1) **F. Renk**, *Z. f. Biol.* 15. *Bd.*
2) *Beitr. z. Hyg., Leipzig* (1879).
3) *Erster Bericht über die Arbeiten der k. k. landw. chem. Versuchsstat., Wien* (1870/71).
4) **F. Renk**, *Z. f. Biol.* 15. *Bd.* — **G. Amon**, *Forsch. auf d. Geb. d. Agrik.-Phys.* 3. *Bd.* — **H. Fleck**, *VIII.—IX. Jahresb. d. chem. Centralstelle, Dresden.* — **J. Soyka**, *Forsch. auf d. Geb. d. Agrik.-Phys.* 4. 7. *Bd.* — **D. Welitschkowsky**, *Arch. f. Hyg.* 2. *Bd. u. a.*
5) *Mém. sur la composition de l'air confiné dans la terre végétale, Ann. de chim. et de phys., III. Sér. t.* 37 *p.* 1—50. — *Vgl.* **Fodor**, *Hyg. Unters. Abt. II* 99.
6) *Sitzber. d. Kön. bayr. Akad. d. Wiss. zu München* (1870) 2. *Bd.* 394. — *Ztschr. f. Biol.* 7. *Bd.* 395.
7) *II. Jahresber. d. chem. Centralstelle in Dresden* (1873) 18; *dann III. Jahresber.* (1874) 7; *ferner IV. u. V. Jahresber.*
8) *V. f. öff. Ges.* 7. *Bd.* 205; *ferner Allg. med. Centr.-Ztg.* (1875) *No.* 66.
9) *Sixth Report of the Massachusetts State Board of Health; ferner Rep. of the Sewerage-Commission, Boston* (1876), *ref. V. f. öff. Ges.* 8. *Bd.* 695.
10) *Ref. V. f. öff. Ges* 8. *Bd.* 691.
11) *Mitteil. d. k. k. forstl. Versuchsstat. f. Oesterr.* 2. *Bd.*
12) *Ztschr. f. Biol.* 13. *Bd.*
13) *Daselbst* 15. *Bd.*
14) *Versammlg. deutsch. Naturf. u. Aerzte in Salzburg, Tageblatt* 193.
15) *Z. f. Biol.* 9. 11. *Bd.*
16) *Pflüger's Arch.* (1875) 118.
17) *Hyg. Unters. üb. Luft, Boden u. Wasser, II. Abt.* 106—111 *u. ff.*
18) *Hyg. Unters. u. Luft, Boden u. Wasser, II. Abt.* 124.
29) **Fodor**, *Op. cit., Tafel II, Kurvengruppe* 1—4.
20) **Fodor**, *Daselbst Abt. I, Tafel I, Kurve* 3.
21) **Ad. Vogt**, *Trinkwasser und Bodengase, Basel* (1874).
22) *Die Beziehungen der Luft zur Kleidung, Wohnung u. Boden, Braunschweig* (1872).
23) **R. Cobelli**, *Z. f. Biol.* 12. *Bd.* — **Hofmann**, *Wien. med. Presse* (1879). — **Biefel u Poleck**, *Z. f. Biol.* 16. *Bd.* — **Layet**, *Rev. d'hyg.* (1880) *u. A.*
24) *Z. f. Biol.* 11. *Bd.* 392.
25) *Tageblatt d.* 54. *Versammlg. deutscher Naturforscher etc. zu Salzburg.*
26) *Hyg. Unters. üb. Luft, Boden u. Wasser, I. Abt.* 64.
27) *S. Annales d'hyg. publ.* (1884) *Maiheft.*
28) *Orvosi Hetilap* (1885.) [*Ungarisch.*]
29) *V. f. öff. Ges.* (1875) 228.
30) *A. a. O.*
31) *Hyg. Unters. üb Luft, Boden und Wasser, I. Abt.*
32) *Vgl. auch* **Soyka**, *Boden*, 114.
33) *Z. f. Biol.* (1879) 102.

## FÜNFTES KAPITEL.

# Die organischen Substanzen im Boden.

Bronner, ein Apotheker, hat vor einem halben Jahrhundert folgenden Versuch beschrieben: „Man füllt eine Bouteille, die in ihrem Boden ein kleines Loch hat, mit feinem Flußsande oder halbtrockener, gesiebter Gartenerde an. In diese Bouteille gießt man allmählich so lange dicken und ganz stinkenden Mistpfuhl, bis die ganze Masse durchdrungen ist; die aus der unteren Oeffnung hervorkommende Flüssigkeit wird fast geruchlos und farblos erscheinen und die Eigenschaft des Pfuhls gänzlich verloren haben“ [1].

Uebrigens hat Gazzeri bereits vor Bronner im Jahre 1819 auf die Entfärbung von Mistjauche durch Erde aufmerksam gemacht [2].

Alsobald erregten diese Absorptionserscheinungen eingehendes Interesse bei Agrikulturchemikern, wie Thomson, Huxtable, Völcker, Liebig, Way [3] u. a., welche hierin den Schlüssel zur Erklärung der Befruchtung des Bodens erkannten.

Nicht viel später wurde aber das Verhalten von Abfallstoffen im Boden auch für hygienische Zwecke in Untersuchung gezogen, namentlich von Frankland [4], Helm und Lissauer [5], Schloessing [6], Falk [7], Fodor [8], Hofmann [9], Soyka [10], Wolffhügel [11] und vielen anderen. Anregung zu diesen Untersuchungen gab schon von vornherein der Umstand, daß die Hygiene sich diejenigen Stoffe, welche an gewissen Orten und zu gewissen Zeiten Krankheiten verursachen oder fördern, nur als organische Stoffe vorstellen konnte. Insbesondere richtete sich die Aufmerksamkeit der Hygieniker auf die Zersetzungsvorgänge der organischen Verunreinigungen im Boden, weil die Ursachen der Krankheiten, namentlich der infektiösen, in richtiger Folgerung als in nahen Beziehungen zu jenen Prozessen stehend gedacht wurden.

Die einschlägigen Studien lieferten bisher wertvolle Aufschlüsse über Ursprung und Grad der Bodenverunreinigung, sowie über das Schicksal, welchem diese Verunreinigung im Innern des Bodens verfällt und erstreckten sich auch auf das Verhältnis der Bodenverunreinigung zu den Krankheiten. Trotzdem sind unsere diesbezüglichen Kenntnisse

— wie aus dem Folgenden hervorgeht — noch immer sehr primitiv, was wohl zum Teil der Neuheit solcher Untersuchungen, aber gewiß auch dem Umstand zugeschrieben werden muß, daß Untersuchungen derart mit grossen experimentellen Schwierigkeiten zu kämpfen haben, daher vereinzelt und fragmentarisch sind.

Die Fortschritte der Bakteriologie, namentlich ihre vervollkommneten Methoden, kommen den Studien über die hygienische Bedeutung von Verunreinigung und Zersetzungsprozessen im Boden sehr zu statten und erleichtern insbesondere die Erforschung des Verhältnisses, in welchem der Boden, dessen Verunreinigung, Zersetzungsprozesse und Mikroorganismen zu den infektiösen und epidemischen Krankheiten stehen *).

## 1. Quellen der Bodenverunreinigung.

Die Quellen der den Boden verunreinigenden organischen Substanzen sind zahllos: Pflanzen, deren abgefallene Blätter, Blüten, Früchte, gestürzte Stämme und abgestorbene Wurzeln; Tiere, die auf und in dem Boden leben, ihre Entleerungen und Leichen; der Mensch mit seinen Exkrementen, Haushalts- und Industrieabfällen, und schließlich seinem Leichnam: alle tragen sie zur Verunreinigung des Bodens mit flüssigen oder festen und zerstäubbaren Abfallstoffen bei.

Am reichlichsten wird die Bodenverunreinigung zweifellos durch die Exkremente und Hausabfälle des Menschen genährt, weshalb auch der Boden an den Sammelorten der menschlichen Gesellschaft, in Städten der Verunreinigung am meisten ausgesetzt ist. Es ist hier nicht der Ort, die bodenverunreinigende Wirkung von Aborten, Abzugskanälen und anderen Einrichtungen im Detail zu beleuchten, weshalb auf die aus durchlässigen Abortgruben und Sielen austretenden Fäkalien und die hierdurch verursachte Bodenverunreinigungnur kurz verwiesen werden soll.

Pettenkofer hat schon vor langem konstatiert, daß aus den Münchener Abtrittgruben kaum $^1/_{10}$ der hineingelangten Fäkalien abgeführt werden, und bekanntlich giebt es Gruben, die seit Menschengedenken nicht geleert wurden, weil ihr Inhalt in den Boden versickert. Wie kolossal diese Massen sind, wird klar, wenn man bedenkt, daß ein Mensch täglich im Mittel $1^1/_2$ kg Harn und Faeces, im Jahre also wenigstens 5 Metercentner Fäkalien entleert. Die Küchenabwässer und -abfälle, resp. die in diesen enthaltenen organischen Substanzen werden von Agrikulturchemikern beiläufig auf die nämliche Menge geschätzt, sodaß jeder Einwohner aus Körper und Haushalt jährlich 10 Metercentner fäulnisfähige Abfallstoffe, in mehr oder weniger Hauswasser verteilt, auf resp. in den Boden gelangen läßt. Demgegenüber ist die durch Leichen verursachte Bodenverunreinigung fürwahr gering, denn zu 5 oder 10 Metercentnern fäulnisfähiger Leichenstoffe bedarf es jährlich nicht eines, sondern 300, resp. 600 Einwohner.

In neuerer Zeit sind die in manchen Gewerbeanlagen sich ergebenden Abfälle zu außerordentlicher Wichtigkeit gelangt, weil sie gewöhnlich auf beschränkten Gebieten sich in großen Massen anhäufen und in Zersetzung übergehen. Außerordentliche Bodenverunreinigungen

*) Siehe hierüber Kap. VI. u. VII

können in Städten auch durch Kehrichtablagerungsstellen und Aasplätze verursacht werden, welche dem verdammenden Urteil der modernen Hygiene noch immer nicht weichen wollen.

Von dem Grad der Bodenverunreinigung in Städten liefern Fodor's Untersuchungen einen Begriff; aus zahlreichen in den links der Donau gelegenen Stadtteilen von Budapest ausgeführten Bohrungen und Bodenanalysen erhielt er als Mittel für die Tiefen von 1—4 m pro kg Erde 311 mg stickstoffhaltige und 4130 mg kohlenstoffhaltige organische Substanz, was nur für diese Stadtteile und bis zu 4 m Tiefe berechnet, 467 Millionen kg organischen Abfallstoffen im Boden entsprechen würde (s. weiter unten S. 129).

## 2. Verhalten der organischen Abfallstoffe zum Boden.

Feste Abfallstoffe gelangen gewöhnlich auf die Oberfläche des Bodens, wo sie aufgehalten werden und — wenn nicht entfernt — je nach ihrer Beschaffenheit rascher oder langsamer zerfallen, zerstäuben, sich mit dem Erdreich vermengen und dieses verunreinigen. Dick- oder dünnflüssige Stoffe hingegen dringen mehr oder minder tief in den Boden ein, verschwinden in der Regel binnen kurzem von der Oberfläche und werden nicht weiter bemerkt. Aber gerade diese Abfallstoffe sind es, deren Verhalten im Boden uns besonders interessiert.

Aus verunreinigten Flüssigkeiten, die auf die Bodenoberfläche gelangen, wird der Boden gleichsam wie ein Sieb zunächst die suspendierten Teile abfiltrieren; diese Filtrierkraft des Bodens ist aber so stark und die Zurückhaltung der suspendierten Stoffe erfolgt so vollständig, daß dieselbe, obschon der Boden für dichter als das dichteste Sieb gehalten werden darf, nicht in einfach mechanischer Filtration bestehen kann, um so weniger, als nicht bloß suspendierte Teilchen, sondern — wie aus dem Bronner'schen Versuch ersichtlich war — auch gelöste Stoffe und Zersetzungsprodukte zurückgehalten werden. Wir wollen diese letzteren Vorgänge näher betrachten.

Der Boden wird zunächst vermöge seiner Kapillarkräfte die an organischen Substanzen reichen Flüssigkeiten in seinen Hohlräumen geradeso zurückhalten, wie das Wasser, und nur diejenige Flüssigkeitsmenge, welche die wasserbindende Kraft des Bodens übersteigt, wird als überschüssig tiefer in den Boden eindringen.

Die auf diese Weise im Boden vordringende Flüssigkeit wird aber auch gereinigt, da aus derselben nicht nur suspendierte, sondern auch gelöste Stoffe zurückgehalten werden.

Diese **Bindekraft des Bodens** für gelöste organische — und auch anorganische — Substanzen kann als Vorlesungsversuch sehr gut und beiläufig in der Weise demonstriert werden, wie die oben citierten Forscher die absorbierenden Eigenschaften des Bodens studiert haben:

Man bringt den zu untersuchenden Boden (Sand, Lehm, Humus) in Glasröhren von 0,5—1 m Länge und 2—3 cm Durchmesser und gießt Lösungen von organischen Substanzen und Salzen in kleinen Anteilen auf. So wird z. B. durch kleine Mengen aufgegossener Fuchsinlösung nur eine 1—2 cm starke obere Bodenschicht gefärbt, unterhalb welcher der Boden ungefärbt bleibt; das Filtrat läuft farblos ab. Bei wiederholtem und längerem Aufgießen dringt die Färbung immer

mehr in die Tiefe und zwar rascher, wenn man schnell hintereinander und reichlich aufgießt. Auch von Tabaksaufguß wird nur die Oberfläche gefärbt und das Filtrat ist auch hier ganz farb- und geruchlos, auch, Mäusen injiziert, ohne Wirkung; allmählich (auch hier besonders bei rasch folgendem Aufgießen) wird die Verunreinigung in die Tiefe vordringen und endlich das Filtrat der Farbe, dem Geruch und der Giftwirkung nach dem aufgegossenen Auszug gleichen. Ein Bodenfiltrat von Amygdalin wird frische Emulsinlösung nicht zersetzen (nach Falck soll dies geschehen, doch war offenbar die Filtration zu rasch); aber aus den oberflächlichen Schichten entnommene Bodenproben zeigen durch das zurückgehaltene Amygdalin eine entsprechende Wirkung auf Emulsin. Auch Strychnin bleibt an der Oberfläche*). Von diluiertem Speichel träufelt reines Wasser ab, welches auf Stärke ohne Wirkung ist. Das Filtrat von Stärkelösungen giebt keine Reaktion mit Jod; diese wird aber erhalten, wenn man die Versuchsröhre in mehrere Teile zerschneidet und den Boden aus jedem Rohrstück mit Wasser ausschüttelt. Die Jodprobe fällt mit dem Extrakt des obersten Teiles der Röhre sehr stark aus, mit den übrigen Rohrstücken in einer nach unten abnehmenden Intensität. Eine schwache Lösung von kohlensaurem Ammoniak hat nach dem Durchfiltrieren keinen Ammoniakgeruch und giebt mit Nessler'scher Lösung nur schwache Reaktion. Aehnliche Versuche kann man auch mit verdünntem Blut, Harn, Küchenabwasser, verschiedenen Alkaloiden, fauligen Flüssigkeiten etc. anstellen, doch werden dieselben, wie angegeben wurde, nur dann gelingen, wenn langsam aufgegossen wird, da bei rascher Filtration auch die gelösten Stoffe leichter durchdringen. Dies ist auch dann der Fall, wenn die aufgegossenen Lösungen mehr konzentriert waren.

Doch schließlich werden auch die verdünnten Lösungen den Boden allmählich durchdringen und dessen Bindekraft mit der Zeit erschöpfen. Der Boden besitzt also eine bedeutende Bindekraft für verschiedene gelöste, sowohl organische als anorganische Sustanzen, welche aber von der Strömungsgeschwindigkeit, der Konzentration und Menge der aufgegossenen Flüssigkeit, dann aber auch von der Natur der aufgegossenen Substanz und der Beschaffenheit des Bodens abhängig ist.

Bezüglich der letzteren haben Agrikulturchemiker schon vor längerem nachgewiesen, daß der Boden z. B. Ammoniak, Kali, Magnesia, Phosphorsäure, dann besonders die gelösten, eiweißhaltigen organischen Substanzen etc. gut, hingegen z. B. Natron, Kalk, Chlor, salpetrige und Salpetersäure wie auch z. B. Fette und Oele, Leim viel weniger leicht zu binden vermag [12].

Andererseits werden aber an Stelle der abgeschiedenen Stoffe im verunreinigten Boden andere mobilisiert. So wird z. B. die in einem verunreinigten Boden sich entwickelnde Kohlensäure Kalk- und Magnesiakarbonate, welche in reinem Boden aus Mangel an Kohlensäure ungelöst geblieben wären, in Lösung überführen. Dies ist durch Analysen von Brunnenwassern klar bewiesen; aus reinem Boden stammen-

*) Dieser Versuch wird falsch gedeutet, weil die Lösungen von salz- oder salpetersaurem Strychnin durch den Boden zersetzt werden, und das in Wasser unlösliche Strychnin zwischen den Erdepartikeln nadelförmig auskrystallisiert, also mechanisch zurückgehalten wird, was mit einer Lupe recht gut wahrzunehmen ist.

des Wasser enthält wenig Kalk- und Magnesiakarbonat, aus verunreinigtem Boden geschöpftes hingegen sehr viel.

Die besprochenen Verhältnisse werden auch durch die folgenden Versuchsergebnisse von Frankland illustriert. In 1 l Sielwasser waren enthalten Milligramme:

| | Gelöste Substanz | Organ. Kohlenstoff | Organ. Stickstoff | Ammoniak | Stickstoff in Nitraten u. Nitriten |
|---|---|---|---|---|---|
| Vor der Filtration | 645 | 43,86 | 24,84 | 55,57 | 0 |
| Nach der Filtration durch eine 15' starke Sandschicht | 785 | 10,33 | 3,30 | 6,21 | 35,12 |
| Nach der Filtration durch eine 15' starke Schicht von Sand u. Kreide | 968 | 7,26 | 1,13 | 0,35 | 38,14 |

Das heißt: der Boden hatte die organischen Substanzen, insbesondere die stickstoffhaltigen, und das Ammoniak absorbiert. Trotzdem war die Sumne der gelösten Substanz im Filtrat vermehrt, was neben den Nitraten durch eine Zunahme der Karbonate verursacht sein konnte.

Aus dem Gesagten muß man folgern, daß offenbar auch der Städteboden die hineingelangenden Abfallstoffe, namentlich die eiweißartigen Substanzen der Exkremente und deren Spaltungsprodukte, insbesondere das Ammoniak binden wird, hingegen z. B. Chloride, Nitrate und Nitrite durchläßt, woraus verständlich wird, weshalb das durch den verunreinigten Städteboden filtrierte Wasser besonders Nitrate, Nitrite, Chloride, Kalk- und Magnesiakarbonate, dagegen in viel geringerem Grade organische Substanzen und Ammoniak aufnimmt; denn solange der Boden nicht über seine Absorptionskraft hinaus saturiert ist läßt er diese Verbindungen nicht in die Tiefe gelangen. Eine detailliertere Erörterung gehört ins Kapitel Trinkwasser.

Gleich den suspendierten und gelösten Substanzen werden auch Bakterien in den oberflächlichen Bodenschichten zurückgehalten, worauf wir im nächsten Kapitel zurückkommen wollen.

Die Bodenart, d. h. der Zustand und die Qualität des Bodens sind auf die Abscheidung und Zurückhaltung der organischen Substanzen gleichfalls von Einfluß. So wird z. B. ein feinkörniger Boden nicht nur wirksamer filtrieren als ein grobkörniger, sondern auch gelöste Stoffe (und Bakterien) besser zurückhalten.

Insbesondere wird aber die Bindekraft des Bodens durch dessen Gehalt an feinen Humussubstanzen erhöht, während der reine Mineralboden viel weniger zu binden im Stande ist, wie dies schon Bronner konstatiert hat.

Es scheint, daß auch der chemische Charakter des Bodens auf die Bindung organischer Substanzen von Einfluß ist; so erwies sich in Frankland's oben skizzierten Versuchen der kreidehaltige Boden absorptionstüchtiger, als der reine Sandboden.

Dieses Abscheidungs- und Bindevermögen des Bodens für organische Substanzen wird in erster Reihe physikalischen Wirkungen, der Attraktion der großen Oberfläche zugeschrieben. Bereits oben wurde auf die bei Versuchen mit Strychnin beobachteten, durch chemische Kräfte hervorgerufenen Erscheinungen verwiesen, welche die Zurückhaltung gewisser Substanzen im Boden in sehr einfache Prozesse verwandeln. Ebenso ist es möglich, daß z. B. Alkaloide und

Ammoniak durch Humussäuren, oder in einem an kohlensauren Erden reichen Boden organische und andere Säuren (Phosphorsäure), endlich Schwefelwasserstoff durch Eisen, Kalk gebunden werden. Dem kann noch zugefügt werden, daß die Bindekraft des Bodens auch durch dessen Bakteriengehalt erhöht wird, da dieselbe in einem sterilisierten Boden viel geringer ist als vor der Sterilisation (Falck, Fodor). Das mag aber hauptsächlich davon herrühren, daß im sterilisierten Boden die aufgegossenen organischen Stoffe einer Zersetzung erst später und allmählich anheimfallen, während im unsterilisierten Boden die durchdringenden organischen Substanzen gleich von Anfang an kräftig zersetzt und mineralisiert werden (s. Kap. VI).

Wir dürfen aber nicht vergessen, daß dieses Bindevermögen des Bodens für Abfallstoffe nicht ein absolutes ist, und daß ein geringer Bruchteil sowohl der organischen als der anorganischen Verunreinigung auch dann durchgelassen wird, wenn der Boden damit noch nicht saturiert ist, wobei auch die Menge derselben keine übermäßige zu sein braucht. Es wird also ein Teil der aufgegossenen organischen Substanz (am wenigsten von Ammoniak) selbst einen reinen Boden von gutem Bindevermögen passieren und im Grundwasser dieses reinen Bodens in geringen Mengen auftreten können.

Als Folge des Bindevermögens wird der Boden an jener Stelle am stärksten verunreinigt sein, an der die Abfallstoffe hineingelangt sind, also in erster Reihe an der Oberfläche, aber auch unter der Sohle von durchlässigen Sielen und Abtrittgruben. Schlösing fand im Boden der Rieselfelder zu Gennevilliers [13] auf den Kilo Erde folgende Mengen von organischem Kohlenstoff und Stickstoff in Milligrammen:

| | Lehmboden | | Kiesboden | |
|---|---|---|---|---|
| | C | N | C | N |
| an der Oberfläche | 22,0 | 2,3 | 16,3 | 1,5 |
| in 0,5 m Tiefe | 8.3 | 1,1 | 3,2 | 0,35 |
| „ 1,0 „ „ | 6,1 | 1,0 | — | — |
| „ 1,5 „ „ | — | — | 0,4 | 0,06 |

Der von Schwemmkanälen durchzogene und mit Abtrittgruben besetzte Städteboden wird also offenbar nicht bloß an der Oberfläche verunreinigt sein.

Der Budapester Boden enthielt im Mittel aus mehreren Hundert Bohrungen und Analysen auf 1 kg Erde Milligramme N und C (Fodor):

| | Org. N | Org. C |
|---|---|---|
| in 1 m Tiefe | 403 | 4670 |
| „ 2 „ „ | 321 | 4810 |
| „ 4 „ „ | 210 | 2900 |

Fodor hat ferner mehrere Meter tief im Boden, unter der Sohle von alten Sielen im Kilo Erde mehr organischen C und N nachgewiesen, als in 1 kg frischer gemischter menschlicher Exkremente (Faeces und Harngemisch) enthalten sind (12,36 g org. N).

Aus dem geschilderten Bindevermögen des Bodens folgt ferner, daß, wenn man in tieferen Bodenschichten (oder z. B. im Brunnenwasser) die Bestandteile oder Spaltungsprodukte der Fäkalien in größeren Mengen antrifft, gefolgert werden kann, daß die oberen Bodenschichten bereits über die Grenzen ihres Bindevermögens hinaus mit Abfallstoffen

gesättigt, oder daß diese in der Tiefe, nahe zum Wasser, z. B. aus tiefen Abtrittgruben in den Boden gelangt sind.

Die Bindekraft macht es verständlich, daß die Abfallstoffe nur äußerst langsam im Boden vordringen und langsam in die tieferen Schichten hinabsinken. Dies wird schon durch die oben geschilderten Versuche klar bewiesen, aber durch folgende Versuche von Hofmann[14] am besten illustriert: Auf zwei Bodenproben, eine grob- und eine feinkörnige, wurden nach Durchfeuchten mit Wasser — wobei die erstere 182, die letztere 309 cm³ Wasser zurückgehalten hatte — je 504 mg Kochsalz in 50 cm³ Wasser aufgegossen. Sofort waren ca. 50 cm³ Wasser unten abgetropft. An den folgenden Tagen wurden täglich wieder je 50 cm³ Wasser aufgegossen. Ein jedesmal war etwa ebensoviel Flüssigkeit unten abgeflossen. Die täglich abgetropften Flüssigkeiten enthielten folgende Kochsalzmengen:

| Aufgegossen: | Mg Kochsalz abgetropft vom grobkörnigen Boden: | Mg Kochsalz abgetropft vom feinkörnigen Boden: |
|---|---|---|
| 1. Tag 50 cm³ Wasser enthaltend 504 mg Cl Na | 0 | 0 |
| 2. Tag 50 cm³ Wasser | 24 | 0 |
| 3. „ „ „ „ | 180 | 0 |
| 4. „ „ „ „ | 116 | 0 |
| 5. „ „ „ „ | 86 | 0 |
| 6. „ „ „ „ | 71 | 69 |
| 7. „ „ „ „ | 22 | 197 |
| 8. „ „ „ „ | 6 | 162 |
| 9. „ „ „ „ | 3 | 69 |
| 10. „ „ „ „ | 1 | 5 |
| 11. „ „ „ „ | 0 | 0 |

Man sieht also, daß die Verunreinigung im grobkörnigen Boden zwar verhältnismäßig rasch in die Tiefe sinkt (vorausgesetzt, daß sie nicht um vieles kräftiger zurückgehalten wird, als Kochsalz), daß aber im feinporösen Boden selbst Kochsalz nur sehr langsam, und zwar in toto abwärts dringt. Neu hinzugekommene Wasserschichten (Befeuchtung durch Regen) werden im Boden enthaltenes Wasser und Verunreinigungen etwas vor sich herdrängen und ein ihrem eigenen entsprechendes Volumen Wasser in den tieferen Bodenschichten deplacieren, selbst aber an der nämlichen Stelle verharren, bis auch sie durch neuere Regenmengen verdrängt werden. Außerdem wird in der Tiefe, im Grundwasser von einem Regenfall zum anderen nicht durch die ganze überlagernde Bodenschicht jetzt auf einmal durchgelaufenes Wasser anlangen, sondern es werden durch die neueren Wassermengen bloß die tieferen Wasserschichten mobilisiert und ins Grundwasser gedrängt, während das frische Regenwasser mit den gelösten Verunreinigungen oben bleibt, bis ein neuer Regen kommt und auch dieses Wasser und die von ihm aufgenommene Verunreinigung um eine Stufe tiefer hinabdrängt (vergl. S. 73).

Auf Grund dieser Versuche und der Regenverhältnisse von Leipzig hat Hofmann berechnet, daß die Kochsalzlösung im Leipziger Friedhofsboden während eines Jahres um 2,26 m in die Tiefe geschwemmt würde, und in einem anderen Boden, welcher das Wasser besser bindet, sogar bloß um 1,53 m. Wenn man bedenkt, daß organische Substanzen vom Boden viel kräftiger zurückgehalten werden als Kochsalz, so ist mit Sicherheit anzunehmen, daß jene noch langsamer in die Tiefe

filtrieren, als das Kochsalz in den geschilderten Versuchen, so daß die organischen Stoffe während dieser Zeit, unter günstigen Verhältnissen größtenteils zersetzt und mineralisiert werden können, ohne unverändert in die tieferen Bodenschichten oder ins Grundwasser zu gelangen.

### 3. Zersetzung der organischen Substanzen im Boden.

Nachdem die organischen Substanzen im Boden gebunden sind, folgt als wichtigste Erscheinung ihre Zersetzung im Boden.

Daß organische Substanzen im Boden zersetzt werden und über kurz und lang von hier verschwinden, ist allbekannt. Dünger, der dem Ackerboden beigemengt wurde, und Leichen, die man in die Erde begraben hat, werden hier in verhältnismäßig kurzer Zeit so vollständig zersetzt, daß außer den mineralischen Bestandteilen, den Knochen, kaum eine Spur übrig bleibt. Gerade so verhalten sich auch die anderen auf oder in den Boden gelangten organischen Substanzen. Es werden sich alsbald Zersetzungsvorgänge einstellen, welche die organischen Substanzen binnen kurzem mineralisiert zum Verschwinden bringen würden, gelangten nicht — wie gewöhnlich — fortwährend neue Verunreinigungen in den Boden.

Diese die organischen Substanzen umwandelnden Zersetzungsprozesse sind uns in den Hauptzügen als Verwesung (Oxydation) und Fäulnis (Reduktion) bekannt. Ihre hauptsächlichen Endprodukte sind für die kohlenstoffhaltigen Substanzen Kohlensäure, Wasser und eventuell — unter gewissen ungünstigen, fäulnisfördernden Umständen — Sumpfgas, — für die stickstoffhaltigen Substanzen aber Salpetersäure, salpetrige Säure, resp. bei fäulnisfördernden Umständen Ammoniak, eventuell Schwefelwasserstoff.

Weniger bekannt sind die Zwischenprodukte der Zersetzung im Boden, welchen offenbar auch eine wichtige hygienische Rolle zufallen kann. So ist es nicht ausgeschlossen, daß im Boden aus den organischen Abfällen Ptomaïne gebildet werden und, ins Grundwasser gelangt, schädliche Wirkungen hervorrufen können. Dehérain und Maquenne haben in künstlich verunreinigtem und in Fäulnis versetztem Boden Buttersäuregärung, und dabei Entwickelung von Stickoxydul und Stickstoff beobachtet [15]. Wollny hat gleichfalls gefunden, daß im faulenden Boden flüchtige Fettsäuren, ferner Indol, Skatol, Leucin, Tyrosin etc., also die nämlichen Verbindungen auftreten, welche bei der Fäulnis der Eiweißstoffe gebildet werden [16]. Auf diese Zersetzungserscheinungen und deren Produkte wollen wir noch weiter unten zurückkommen (s. bei den Bodenbakterien, Kap. VI).

Die Zersetzung der organischen Substanzen im Boden, deren Oxydation und Fäulnis wird durch folgende zwei Vorlesungsversuche sehr lehrreich veranschaulicht [17]:

Man fülle in zwei Glasröhren gleichartige Bodenproben und gieße verdünnten ($^1/_{10}$) frischen Harn so lange auf, bis beide Böden gleichmäßig durchtränkt sind und die überschüssige Flüssigkeit unten abtropft. Nun schließe man die eine Röhre (A) mit einem Kautschukstöpsel hermetisch ab, durch die andere (B) lasse man hingegen ununterbrochen befeuchtete Luft aspirieren. Nach 8—10 Tagen gieße man auf beide Proben 50—100 ccm destilliertes Wasser; es wird alsbald beinahe dieselbe Menge Flüssigkeit von den beiden Proben abtropfen. Bestimmt

man nun in diesen Filtraten die wichtigsten chemischen Bestandteile, so wird man finden, daß in dem vom Boden A abgeflossenen Wasser wenig oder kar keine Salpetersäure, aber sehr reichlich Ammoniak enthalten ist; hingegen fehlt das letztere in dem vom Boden B abgeflossenen Wasser, welches dafür die Reaktion auf Nitrate in deutlicher Weise zeigt.

In Bodenprobe B fand ein Oxydationsprozeß, in A hingegen Fäulnis statt.

Zweiter Vorlesungsversuch: Man fülle in zwei Glasröhren (A und B) je ca. 1 kg reinen Boden, gieße auf B täglich 10 ccm auf $^1/_{10}$ verdünnten, auf A hingegen ebenfalls 10 ccm, jedoch unverdünnten Harn auf. Von Probe B wird eine klare, geruchlose, von Probe A hingegen eine nach Ammoniak riechende, trübe Flüssigkeit abträufeln.

Die unten aufgefangenen Flüssigkeiten enthielten in 100 ccm Milligramme:

| | Der aufgegossene Harn war unverdünnt A | Der aufgegossene Harn war auf $^1/_{10}$ verdünnt B |
|---|---|---|
| Organische Substanzen (mit Permanganatlösung bestimmt) | 1740,0 | 17,2 |
| Ammoniak | über 1000,0 | 1,75 |
| Salpetersäure | 0 | 92,0 |

Es hatte also wieder in Boden B eine Oxydation, in Boden A hingegen Fäulnis stattgefunden.

## Faktoren der Zersetzung im Boden.

Die Zersetzung kann im Boden sowohl hinsichtlich ihrer Form (Oxydation, Fäulnis), als der Intensität nach verschieden sein.

Die Faktoren, durch welche diese Zersetzungsprozesse reguliert werden, sind in den geschilderten zwei Vorlesungsversuchen schon teilweise angedeutet. Wir wollen dieselben aber noch näher betrachten.

### a) Einfluß der Bodenart.

Es ist schon vor langer Zeit beobachtet worden, daß Leichen je nach der Bodenart schneller oder langsamer in ganz verschiedene Produkte zerfallen. So schrieb schon Orfila[18], daß die Zersetzung in Humusboden rascher vor sich geht, als in Sandboden. Reinhard[19] fand in den Friedhöfen Sachsens, daß in Kiesboden Kinderleichen in 4, Erwachsene in 7 Jahren verwesen, während in kompaktem Lehmboden 5, resp. 9 Jahre nötig sind. Aehnliche Unterschiede in der Verwesungsdauer in verschiedenen Bodenarten fand Fleck[20] an versuchsweise begrabenen Kaninchenleichen; ferner haben Wollny, Möller, Fodor u. a. in Sandboden eine stärkere Kohlensäureproduktion, folglich eine raschere Zersetzung beobachtet, als in Lehmboden. Petersen[21] hat gefunden, daß der kalkhaltige Boden einer Zersetzung der organischen Substanzen (Kohlensäureproduktion) förderlicher ist, als der entkalkte, doch wurde diese Behauptung durch die Versuche Fodor's nicht bestätigt. Andererseits haben Frankland[22] und Fittbogen[23] die Nitrifikation in einem mit Kalikarbonat versehenen Boden am stärksten, in reinem kalklosen Quarzboden aber am schwächsten gefunden, während Prichard[24] für die Nitrifikation die Sulfate am

wirksamsten fand. Aus den Untersuchungen von Soyka ist ersichtlich, daß z. B. im Torfboden die Zersetzung sehr langsam vor sich geht, und nicht Salpetersäure, sondern Ammoniak produziert wird. Auch vom Eisenoxydhydratboden wird behauptet, daß derselbe die Zersetzung der organischen Substanzen sehr verzögert. Aus allen diesen Erfahrungen geht so viel hervor, daß die Bodenart auf die Zersetzung der organischen Substanzen jedenfalls von Einfluß ist; worin aber diese Verschiedenheit der Einwirkung besteht, ob in spezifischen chemischen Agentien, oder bloß darin, daß die einzelnen Bodenarten hinsichtlich der weiter unten erörterten physikalischen Eigenschaften oder des Bakteriengehalts verschieden sind, ist bisher nicht mit erwünschter Klarheit festgestellt. Daß sterilisierte, also bakterienfrei gemachte Böden verschiedene organische Stoffe unzersetzt passieren lassen, wurde weiter oben (S. 122) bemerkt.

b) Einfluß der Durchlüftung des Bodens.

Aus den soeben erwähnten Erfahrungen über die Wirkung des Kies-, Sand- und Lehmbodens auf die Zersetzungsdauer ist zunächst ersichtlich, daß die Schnelligkeit der Zersetzung insofern durch die Bodenart beeinflußt wird, als es von dieser abhängt, ob der Boden leicht (Kies) oder schwer (Lehm) durchlüftet wird. Die Versuche von Fodor und Soyka liefern direkte Beweise für die positive Beschleunigung der Zersetzung durch Lufbewegungen, da die im verunreinigten Boden gebildeten Mengen Kohlensäure resp. Salpetersäure mit der während der Versuche durch den Boden geleiteten Luftmenge annähernd parallel anstiegen oder abfielen.

Schönbein und dann Soyka waren der Ansicht, daß im durchlässigen Boden auch das Ozon der Luft an der Beschleunigung der Zersetzungsvorgänge beteiligt ist, doch hat einerseits Wolffhügel nachgewiesen, daß die Grundluft überhaupt kein Ozon enthält, andererseits konnte Falk eine beschleunigende Wirkung ozonhaltiger Luft auf die Zersetzung nicht konstatieren.

Hieraus folgt, daß die Zersetzung der organischen Substanzen an der reichlich durchlüfteten Bodenoberfläche und in den dieser nahe gelegenen Schichten am raschesten, ferner im durchlässigeren Boden rascher verläuft, als im minder durchlässigen. Daß die organischen Substanzen im permeableren Boden rascher oxydiert werden, wird wohl nicht lediglich chemische, sondern vielmehr biologische Ursachen haben, welche wir bei den Bodenbakterien erörtern wollen. Hier soll nur noch erwähnt sein, daß in einem schlecht ventilierten Boden eine rasche Zersetzung der organischen Substanzen auch durch die angehäufte Kohlensäure behindert werden mag, da diese, wie bekannt (C. Fränkel), auf die Lebensprozesse vieler Bakterienarten lähmend wirkt.

Die Durchlüftung des Bodens ist aber auch auf die Art der Zersetzung von bestimmendem Einfluß. Der oben (S. 125) geschilderte Vorlesungsversuch beweist, daß bei Anwesenheit hinreichender Luft im Boden Nitrate gebildet werden, bei Luftmangel aber Ammoniak auftritt; im hinlänglich durchlüfteten Boden verläuft also Oxydation, im mangelhaft gelüfteten hingegen Fäulnis. Wahrscheinlich hat die langsame Zersetzung und Fäulnis der organischen Substanzen im Lehmboden und Torf und die Bildung von Ammoniak seinen Hauptgrund

darin, daß diese Bodenarten viel Feuchtigkeit binden, infolgedessen meist luftarm und impermeabel sind, wodurch die Oxydation der organischen Substanzen erschwert wird und diese in Fäulnis übergehen.

### c) Einfluß der Temperatur.

Petersen, Möller, Wollny, Fodor u. a. haben gefunden, daß die Kohlensäureproduktion, also die Zersetzungsprozesse im Boden mit der Temperatur beinahe ganz parallel verlaufen. So hat z. B. Wollny in Erdgemengen bei verschiedenen Temperaturen folgende Kohlensäureproduktion, pro 1000 Vol. Bodenluft, beobachtet:

| | Temperatur | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° |
| Komposterde (mit 6,79 % Wassergehalt) . . | 2,03 | 3,22 | 6,86 | 14,69 | 25,17 |
| Kalksand, mit Torfpulver (13,09 % Wasserg.) | 5.42 | 11,56 | 20,73 | 32,04 | 42.42 |
| Komposterde (26,79 % Wasserg.) . . . | 18,38 | 54,24 | 63.50 | 80,06 | 81.52 |

Die in Gang gesetzte Kohlensäureproduktion wird durch Erniedrigung der Temperatur nur in geringem Maße und erst nach längerer Einwirkung gehemmt; Möller hat sogar bei —9 und —11° noch Kohlensäureproduktion beobachtet.

Schlösing und Müntz[25], dann Warington[26] sahen die Nitrifikation mit der Temperatur parallel ansteigen und bei 36° C. ihr Maximum erreichen. Wenn 55° überschritten werden, hört die Nitrifikation plötzlich auf und unter 5° ist sie gering.

Den Einfluß der Bodenwärme auf die Zersetzung der Abfallstoffe im (natürlichen) Boden haben wir oben (S. 112), beim Kohlensäuregehalt der Grundluft bereits gewürdigt. Offenbar wird diese Zersetzung organischer Substanzen in den oberflächlichen Bodenschichten und zur warmen Jahreszeit am lebhaftesten verlaufen, aber auch in den einzelnen Jahresperioden am meisten schwanken, wogegen in den tieferen Schichten konstantere, aber gemäßigtere Prozesse bestehen.

### d) Einfluß der Bodenfeuchtigkeit.

Die Versuche, welche Möller und Fodor mit künstlich verunreinigtem Boden angestellt haben, beweisen, daß die Kohlensäureproduktion im Boden schon bei sehr geringen Feuchtigkeitsgraden (2 Gew. Proz.) besteht, aber bei 4 Proz. stürmisch ansteigt und dann mit zunehmender Feuchtigkeit, aber schon in langsamerem Verhältnis, stetig zunimmt. So haben in gleichem Maße verunreinigte Proben von Sandboden, die in verschiedenem Verhältnis befeuchtet waren, in 24 Stunden folgende Kohlensäuremengen in $cm^3$ produziert (Fodor):

| | Feuchtigkeit pro 100 g Boden | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tag des Versuchs | 2,0 g | 4,0 g | 8,0 g | 17,0 g |
| am 10. Tage | 2,0 | 24,0 | 41,0 | 66,0 |
| „ 20. „ | 5.0 | 121,4 | 138,0 | 211.4 |

Bemerkenswert ist die besonders von Möller erwähnte Erscheinung, daß die Kohlensäureproduktion selbst durch eine vollständige Ueberflutung des Bodens mit Wasser nicht aufgehoben, ja nicht einmal vermindert wird. Aehnliches fand Schlösing hinsichtlich der Nitrifikation. Sehr lehrreich ist die Beobachtung von Möller, daß die

Kohlensäureproduktion in einem trockenen Boden nach dem Befeuchten geradezu explosionsartig ansteigt, aber nach einigen Tagen wieder von selbst zurückgeht.

Demnach wird im natürlichen Boden, in unseren Klimaten die für die Zersetzungsprozesse nötige Feuchtigkeit zu jeder Zeit vorhanden sein, und werden die Zersetzungsvorgänge durch Ueberfluten des Bodens mit Grundwasser und durch die bei nachherigem Sinken des letzteren erfolgende Entblößung nur wenig modifiziert. Am meisten können Intensitätsschwankungen und insbesondere explosionsartige Steigerungen der Zersetzung an und nahe zur Bodenoberfläche, ferner gegen Ende Sommer und im Herbst vorkommen, wenn nämlich der Boden nach längerer Trockenheit befeuchtet wird.

e) Einfluß des Grades der Bodenverunreinigung.

Aus obigem Vorlesungsversuch (S. 125) war zu entnehmen, daß die Zersetzung der organischen Substanzen langsamer verläuft, und daß sich gleichzeitig weniger Salpetersäure und mehr Ammoniak bildet, mithin eher Fäulnis stattfindet, wenn die organischen Substanzen in konzentriertem Zustand in den Boden gelangen, und wenn die Verunreinigung an einer Stelle in reichen Massen stattfindet. Die Versuche von Warington, Soyka u. a. haben zu ähnlichen Ergebnissen geführt. Demnach wird der Boden unter Aborten und Düngerhaufen, dann der stark verunreinigte Städteboden eher in Fäulnis übergehen, als der bloß an der Oberfläche und in geringerem Grade verunreinigte Boden auf Feldern.

## 4. Oxydation und Fäulnis im Boden.

Aus den geschilderten Versuchsergebnissen war ersichtlich, daß im Boden je nach den obwaltenden Verhältnissen Zersetzungsvorgänge von verschiedener Natur und Intensität vorherrschend sind. Auf dieser Grundlage können wir nun auch die im natürlichen verunreinigten Boden bestehenden Zersetzungsprozesse beurteilen.

In einem mäßig verunreinigten Boden wird bei guter Durchlüftung (permeabler Boden, oberflächliche Bodenschichten), bei entsprechender Temperatur und Feuchtigkeit Oxydation und Nitrifikation auftreten, welche zu einer raschen und vollständigen Mineralisierung der organischen Substanzen führen. Wenn aber der Boden stark verunreinigt ist, und besonders wenn er dem Durchtritt der Luft Hindernisse entgegenstellt (sehr feuchter, sehr kompakter Boden, tiefe Bodenschichten), wird bei höheren Temperaturen der im Boden vorhandene atmosphärische Sauerstoff zur Zersetzung der organischen Substanzen nicht ausreichen, und es wird Reduktion, Verbrauch gebundenen Sauerstoffs, also Fäulnis eintreten.

Die an der Oberfläche des Bodens in geringeren Mengen vorhandenen Abfallstoffe werden in der Regel durch Oxydation, und zwar rasch mineralisiert (z. B. Stalldünger); hingegen kann in einem aus Sielen, Abtritten, Düngerhaufen etc. in hohem Grade und bis in die tieferen Schichten hinein verunreinigten Boden (also unter unseren Wohnungen, in Städten) auch Fäulnis eintreten, wo dann die Zersetzung der organischen Substanzen langsamer verläuft, komplizierte Zwischenprodukte auftreten, diese samt den sie begleitenden und erregenden Zersetzungsorganismen sich im Boden anhäufen und von da

in die Wohnungen, ins Wasser und in den menschlichen Körper gelangen können.

### 5. Verunreinigung und Zersetzungsvorgänge im Städteboden.

Nachdem wir mit dem Verhalten der Verunreinigung im Boden überhaupt bekannt geworden, können wir uns auch darüber eine Vorstellung machen, wie die Verunreinigungsverhältnisse im Boden von bewohnten Orten und Städten sich gestalten werden.

Meines Wissens hat zuerst Prof. Feuchtinger[27] einen unter Schwemmsielen hervorgeholten Boden zu dem Zweck untersucht, die durch die Siele verursachte Bodenverunreinigung zu bestimmen. Diese Untersuchungen hat Wolffhügel fortgesetzt, während Fleck[28] in Dresden aus den anläßlich der Kanalisation aufgegrabenen Straßen 28 Bodenproben untersuchte. Er fand, auf 1000 g Erde berechnet, zwischen 20 und 2180 mg organischen Stickstoff und im Mittel 30 bis 40 mg Ammoniak, aber sehr wenig Salpetersäure (Maximum 10 mg) und folgerte hieraus, daß in der oberflächlichen Schicht des Dresdener Bodens eine Oxydation kaum stattfinden dürfte. Flügge[29] hat gleichfalls anläßlich von Kanalisationsarbeiten entnommene Proben des Berliner und Leipziger Bodens untersucht und fand als Maximum in ersterem (27 Proben) 1770, im Leipziger (8 Proben) 2380 mg organischen Stickstoff. Fodor[30] hat in Budapest in zu epidemiologischen Zwecken (s. unten) ausgewählten mehreren hundert Häusern den Boden bis auf 4 m Tiefe erbohrt und außerdem bei Bauten aus den Fundamentgruben und unter den Abzugskanälen entnommene Bodenproben untersucht. Im Mittel aus sämtlichen Bodenproben und den Tiefen von 1, 2 und 4 m ergab sich folgende Verunreinigung, auf 1000 g trockenen Boden berechnet:

| | | |
|---|---|---|
| Org. Stickstoff | 311 | mg |
| „ Kohlenstoff | 4130 | „ |
| Salpetersäure | 157 | „ |
| Ammoniak | 10,17 | „ |
| Salpetrige Säure | 1,09 | „ |

Auf Grund dieser Zahlen berechnete Fodor die Gesamtmenge der organischen Substanzen im Boden bis zu 4 m Tiefe der ein Areal von rund 6 Millionen qm occupierenden inneren Stadtteile auf 467 Millionen kg, wovon 71 Millionen kg stickstoffhaltige organische Substanzen. Die in diesem Boden gefundene Stickstoffmenge wird von 100000 Personen in 37 Jahren entleert.

Der am stärksten verunreinigte Boden fand sich unter der Sohle eines Abzugskanals und enthielt im Kilo Erde 12360 mg organischen Stickstoff und 47018 mg organischen Kohlenstoff.

Dagegen waren in den reinsten Bodenproben nur verschwindend geringe Mengen organischer Substanz enthalten; als Minimum wurden in 1 m Tiefe im Kilo Erde 17 mg organischer Stickstoff gefunden.

Je stärker ein Boden verunreinigt war, um so mehr Ammoniak, aber um so weniger Salpetersäure enthielt derselbe. Die 40 am meisten verunreinigten und die 67 reinsten Bodenproben ergaben für 1 kg Erde:

| | Verunreinigter Boden | Reiner Boden |
|---|---|---|
| Stickstoff | 1132,0 mg | 68,6 mg |
| Ammoniak | 33,5 „ | 6,9 „ |
| Salpetersäure | 217,0 „ | 121,0 „ |

Sehr lehrreich sind die folgenden konkreten Beispiele:

| | | | Milligramme im Kilo Erde | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Org. N | $H_3N$ | $N_2O_5$ |
| Verunreinigter Boden | 1 | enthielt | 2437 | 426,4 | — |
| | 2 | „ | 1098 | 204,7 | — |
| | 3 | „ | 1112 | 202,0 | — |
| Reiner Boden | 1 | „ | 17 | 2,1 | 32 |
| | 2 | „ | 33 | 2,0 | 48 |
| | 3 | „ | 72 | 4,1 | 216 |

Fodor hat aus seinen Untersuchungen gefolgert, daß der Gehalt an organischem Stickstoff und an Ammoniak den verläßlichsten Indikator für die übermäßige Verunreinigung des Bodens mit tierischen Stoffen und für seine Fäulnis liefert.

Derselbe fand, daß Abtrittgruben und Abzugskanäle die Hauptquellen der Bodenverunreinigung sind. Aus der von ihm mitgeteilten Tabelle geht hervor, daß der Boden um so weniger organischen Stickstoff und Ammoniak enthielt, je weiter vom Abtritte die Bohrstelle lag. Dies wird auch durch folgende Beispiele illustriert, zu welchen die Proben vom Hof aus über den Kanälen gelegenen Schichten und andererseits unter der Kanalsohle hervor entnommen worden waren:

| | | In 1000 g Erde | |
|---|---|---|---|
| | | Org. N | Org. C |
| 1. a) | Bodenschicht über dem Kanal | 47 mg | 1344 mg |
| b) | „ unter „ „ | 5043 „ | 6882 „ |
| 2 a) | „ über „ „ | 73 „ | 4066 „ |
| b) | „ unter „ „ | 5182 „ | 51400 „ |

In Budapest hatte die Bodenverunreinigung auch mit der Bewohnerzahl der Häuser zugenommen; es enthielt nämlich 1 kg Erde in 1, 2 und 4 m Tiefe im Mittel organischen Stickstoff:

| | Zahl der Häuser | Zahl der Bewohner | Organ. N |
|---|---|---|---|
| 1. | 31 | bis 50 | 249 |
| 2. | 47 | 50—100 | 329 |
| 3. | 21 | 100 und mehr | 426 |

Lehrreich und mit den experimentellen Ergebnissen übereinstimmend ist der Befund, daß zu Budapest die oberflächlichen Bodenschichten mehr verunreinigt waren als die tieferen; sämtliche Bodenproben ergaben im Mittel auf 1 kg Erde:

| | Org. N | Salpetersäure | Ammoniak | Salpetrige Säure |
|---|---|---|---|---|
| aus 1 m Tiefe | 403 | 140 | 12.8 | 0.98 |
| „ 2 „ „ | 321 | 155 | 10.2 | 1.14 |
| „ 4 „ „ | 210 | 177 | 7.2 | 1.14 |

Auch aus diesen Daten geht hervor, daß der Boden die organischen Substanzen und das Ammoniak am zähesten zurückhält, dagegen nimmt die Salpetersäure mit der Tiefe zu, weil sie einesteils hinabgeschwemmt wird, andernteils infolge der Oxydation an die Stelle der parallel sich vermindernden organischen Substanzen tritt; auf diese Weise wird ihre Menge mit der Tiefe stetig zunehmen, die der organischen Substanz und des Ammoniaks aber abnehmen. Und wenn man zugiebt, daß der Gehalt an organischen Substanzen und Ammoniak auch in den größeren Tiefen im selben Verhältnis abnimmt, als er von 1—4 m nachweisbar abgenommen hat, so ist es wahrscheinlich, daß diese Stoffe infolge der Absorption und Oxy-

dation in 8—10 m Tiefe schon auf minimale Mengen werden gesunken sein. Diese Annahme dürfte nicht nur nicht zu gewagt sein, sondern in der Wirklichkeit durch die Thatsachen wahrscheinlich noch übertroffen werden. Die organischen Substanzen nehmen unterhalb 4 m Tiefe ohne Zweifel noch rascher ab, als es von der Oberfläche bis zu 4 m Tiefe beobachtet wird, da der Boden in 4 m Tiefe noch häufig durch die nahe auf diese Tiefe hinabreichenden Abtrittgruben und Kanalsohlen verunreinigt worden war, was in größeren Tiefen nicht mehr stattfindet.

Diese Verhältnisse beweisen auch, wie wichtig es ist, daß der Grundwasserspiegel tiefer als 4—6 m unter der Bodenoberfläche verbleibe, indem mit zunehmender Tiefe die Wahrscheinlichkeit einer Wasserverunreinigung rapide abnimmt.

Da die Ursachen der Bodenverunreinigung auf dem Gebiet einer ganzen Stadt sehr ungleichmäßig einwirken, werden selbstverständlich auch die Verunreinigungs- und Zersetzungsverhältnisse des Bodens nach Stadtteilen, Häusern, einzelnen Stellen der Hausgründe und Tiefen sehr verschieden sein können. Aus dem Bindevermögen des Bodens folgt aber, daß die in einem Hause in den Boden gelangende Unreinigkeit nicht einmal auf das Nachbarhaus sich zu erstrecken braucht. Ganz anders wird die Antwort auf die Frage ausfallen, ob nicht die Verunreinigung eines Hauses durch das Grundwasser auf den Boden der Nachbarhäuser übertragen werden könne? Hierüber soll weiter unten (S. 134) das Wichtigste gesagt werden.

### 6. Die Selbstreinigung des Bodens.

Die Fähigkeit des Bodens, hineingelangte organische Substanzen zu binden und gleichzeitig zu zersetzen, namentlich zu oxydieren, ist in hygienischer Beziehung überaus wichtig, weil die Unreinigkeit vermöge dieser Fähigkeit an derselben Stelle, wo sie in den Boden gelangte, wie durch ein unsichtbar wirkendes, langsames Feuer zu Asche verbrannt wird. In dieser Weise werden die Abfallstoffe ununterbrochen verzehrt und vermindert, in Kohlensäure, Wasser, Salpeter- und salpetrige Säure, sowie Ammoniak übergeführt, und in dieser Gestalt mit der Grundluft und dem Grundwasser aus dem Boden entfernt. Der Boden reinigt sich selbst, wenn derselbe nicht mit fortwährend erneuerter und übermäßiger Verunreinigung beladen wird.

Zunächst ist es zu wissen wichtig, wie rasch diese Reinigung eintritt?

Die an Leichen gesammelten Erfahrungen lassen im allgemeinen folgern, daß die Zersetzung der organischen Substanzen im Boden unter günstigen Umständen rasch erfolgt. In einem entsprechenden Boden werden große Leichname, deren Substanzen, in eine Masse vereinigt, den zersetzenden Faktoren offenbar schwerer zugänglich sind, binnen 3—4—5 Jahren und sogar noch rascher mineralisiert oder zu mindest humifiziert (Reinhard, Schützenberger). Im Mergelboden des Wiener Friedhofs waren sogar Kinderleichen nach 2—3, Leichen von Erwachsenen nach 3—4 Jahren bis auf die Knochen und etwas humusartige Substanz gänzlich verwest[31]. Daß die organischen Sub-

stanzen in fein zerteiltem Zustande noch rascher im Boden verbrennen können, versteht sich wohl von selbst und wird z. B. durch die Versuche von Frankland[32] bewiesen, wonach aus auf eine 1 m starke Bodenschicht aufgegossener Sieljauche während der kurzen Durchgangszeit 85 Proz. des organischen C und 95,5 Proz. des organischen N verschwunden und an deren Stelle Kohlensäure und Salpetersäure getreten waren; ferner ist durch die Versuche von Wollny[33] bewiesen, daß eine Zerkleinerung der organischen Substanz den Oxydationsprozeß wesentlich beschleunigt.

Konkrete Versuche über die Frage, wie lange es braucht, bis die Unreinigkeit aus einem Städteboden gänzlich verschwindet, wie rasch also der Boden bei Ausschluß neuerer Verunreinigung wieder ganz rein werden kann, vermochte ich nicht aufzufinden, halte aber durch die angeführten Daten für bewiesen, daß ein nicht übermäßig verunreinigter und nicht in Fäulnis befindlicher Boden unter günstigen Verhältnissen sich, namentlich in den oberflächlichen Schichten sehr rasch, vielleicht schon in 1—2 Jahren seiner Unreinigkeit entledigen kann.

Stehen aber die Verhältnisse ungünstig, ist z. B. der Zutritt von Feuchtigkeit und Luft in den Boden durch Pflaster verhindert oder die Unreinigkeit massenhaft vorhanden und daher in Fäulnis begriffen, endlich die Unreinigkeit in den tieferen Bodenschichten enthalten, also ein Mangel von Luft und Sauerstoff vorhanden, so wird auch die Zersetzung langsamer von Statten gehen und vielleicht eine längere Reihe von Jahren in Anspruch nehmen.

Daß gewisse organische Substanzen (Fett, Oele, Cellulose) der Zersetzung zähen Widerstand leisten, wird wohl durch Versuche bewiesen, hat aber für die Hygiene keine besondere Bedeutung.

## 7. Verhalten der Bodenverunreinigung zum Grundwasser.

Aus der Bindekraft und der oxydierenden Eigenschaft des Bodens für Abfallstoffe folgt zunächst, daß die Natur dem Vordringen der Verunreinigung bis zum Grundwasser ein mächtiges Hindernis in den Weg stellt. Schon bei einem Stand des Grundwasserspiegels von 8—10 m unter Oberfläche kann angenommen werden, daß die Unreinigkeit — selbst in einem hochgradig verunreinigten Boden — kaum bis zum Grundwasser, durch den Boden hindurch, eindringen kann. Dieselbe wird auf diesem Wege aufgehalten und allmählich zersetzt, mineralisiert. Wenn also von einer Verunreinigung der Brunnen mit Abtrittstoffen, namentlich mit frischen Typhus- und Choleraausleerungen gesprochen wird, so muß man sich stets vor Augen halten, daß die organischen Substanzen und noch mehr die bloß suspendierten Formelemente (Bakterien) nur sehr langsam im Boden gegen das Grundwasser vordringen, und sich vor übereilten Folgerungen über Infektion des Grundwassers hüten.

Andererseits ist aber nicht zu verkennen, daß Abtrittstoffe und andere Verunreinigungen des Bodens, sowie deren Produkte eventuell doch, und zwar mit unerwarteter Raschheit, einen Weg in das Grundwasser finden; so namentlich dann, wenn das Grundwasser hoch steht oder während seiner Schwankungen bis in die verunreinigten Bodenschichten ansteigt und so die letzteren auslaugt. Auch das ist nicht zu vergessen, daß der Boden seine die organischen Schmutzstoffe zurückhaltende Fähigkeit bei übermäßiger Infiltration durch solche Stoffe (wie sie eben

unter der Sohle von Abtrittsgruben und Kanälen sich finden) allmählich einbüßt und so die Jauche dem Grundwasser zufließen läßt. Ferner hat man zu bedenken, daß manche Bodenarten (Kies) das Eindringen der Unreinigkeit in die Tiefe nicht in dem Maße behindern, wie ein Sand- oder Lehmboden, und endlich darf nicht übersehen werden, daß von den Abtrittgruben und Sielen zum Brunnenwasser auch direkte Kommunikationen (z. B. durch Rattengänge etc.) zustande kommen können. Dann wird die Möglichkeit für ein Eindringen von Verunreinigung, von Typhus- und Choleraentleerungen binnen kürzester Zeit aus dem Abort in den Brunnen vorhanden sein. Aber auch auf der Bodenoberfläche vergossene Typhus- oder Choleramassen könnten anstatt durch den Boden einen viel kürzeren Weg in den Brunnen finden, wenn dieselben von oben hineinfallen oder hineingewaschen werden. Es wird daher bei verunreinigtem und infiziertem Boden stets auch die Möglichkeit und Gefahr einer Verunreinigung und Infektion des Grundwassers bestehen (vergl. S. 149).

Findet man im Grundwasser viel organische Substanz oder gar Ammoniak, so muß man auf Grund obiger Erörterungen in erster Reihe annehmen, daß die Quelle der Wasserverunreinigung in der Nähe des Wasserspiegels sich befindet, ja, daß das Wasser selbst im verunreinigten Boden steht, — und darf erst in zweiter Reihe an die Möglickeit denken, daß der Boden in den über dem Wasser gelegenen Schichten mit organischen Substanzen und Ammoniak saturiert und aus diesem Grund nicht imstande ist, dieselben vom Wasser fernzuhalten. In dritter Reihe wird man wieder an eine direkte Kommunikation zwischen Schmutzansammlungen und Brunnen denken.

Es wäre ein Irrtum, anzunehmen, daß niedergehende Meteorwässer aus den oberflächlichen Bodenschichten frische Infektionsstoffe durch den Boden hindurch ins Grundwasser hinunterführen könnten, da das Regenwasser, wie auseinandergesetzt wurde, in den oberflächlicheren Schichten gebunden bleibt und dies auch mit den Unreinigkeiten (mit letzteren noch in höherem Maße) geschieht, wobei die in den tieferen Schichten stagnierenden, die kapillären Räume des Bodens erfüllenden, von vorhergehenden Regenfällen herrührenden Wässer und Schmutzstoffe deplaciert werden und ins Grundwasser gelangen können. Das Wasser, welches nach einem Regen den Grundwasserspiegel steigen macht, ist also in der Regel nicht das frisch gefallene und in den Boden eingedrungene Regenwasser, sondern hat schon seit langem im Boden gestanden, kann also auch nur seit langem ausgelaugte Stoffe enthalten, — vorausgesetzt, daß diese ausgelaugten und allmählich in tiefere Schichten geführten Abfallstoffe nicht inzwischen vom Boden verbrannt wurden.

Steigendes Grundwasser wird im allgemeinen mehr verunreinigt sein als fallendes, weil es in relativ mehr verunreinigte Bodenschichten gelangt; beim Fallen wird aber das Grundwasser reiner, weil das fallende Wasser einen Teil der ausgelaugten Unreinigkeit vermöge der Absorptionskraft des Bodens in letzterem zurückläßt und weil es in reinere Bodenschichten gelangt. Pettenkofer hat sich schon vor langem in diesem Sinne geäußert und die Ansicht bekämpft, als ob sinkendes Grundwasser mehr verunreinigt sein müßte, weil die aus dem Boden ausgelaugte Unreinigkeit „in weniger Wasser konzentriert wird", und als ob eine derartige Verunreinigung des Grund-(Brunnen-)Wassers es wäre, wodurch der Typhus beim Sinken des Grundwassers gefördert

wird. Schüler Pettenkofer's (Wagner[34], Aubry[35]) haben thatsächlich konstatiert, daß das Brunnenwasser bei sinkendem Grundwasserstand nicht nur nicht unreiner, sondern geradezu reiner wurde, indem es weniger festen Rückstand ergab. Die Erklärung, daß bei sinkendem Grundwasser das Aussickern des Inhaltes aus Abtrittgruben und Sielen in höherem Maße erfolgt, als wenn das Grundwasser bei hohem Stand bis an diese Behälter hinanreicht, — welche wiederholt zur Beleuchtung der Thatsache in Anspruch genommen wurde, daß die Zunahme der Typhusfalle gerade mit dem Sinken des Grundwasserspiegels zeitlich übereinstimmt[36] —, kann nur unter ganz exceptionellen Verhältnissen bestehen, wenn nämlich das Grundwasser bis an das Niveau der Flüssigkeit in der Grube oder im Siele oder gar noch über dieses hinaufreicht. In solchen Ausnahmefällen ist das Herausfiltrieren des Grubeninhaltes jedenfalls erschwert, ja das Grundwasser wird in die Grube hineindringen, und erst beim Sinken des Grundwassers unter die Sohle wird eine Filtration der Jauche nach außen eintreten und Verunreinigung des Grundwassers stattfinden. Gewöhnlich und im allgemeinen wird jedoch die Bindekraft des Bodens für organische Substanzen bewirken, daß die Möglichkeit einer Wasserverunreinigung in dem Maße abnimmt, als der Grundwasserspiegel sich von der Gruben- oder Kanalsohle entfernt.

Es ist auch klar, daß dem Stand und den Schwankungen nur bei oberflächlichem Grundwasser eine größere epidemiologische Bedeutung zukommen wird, weil dieselben nur unter solchen Verhältnissen einen unreinen Boden vorfinden und Veränderungen in den Zersetzungsprozessen, sowie in der Verunreinigung des Wassers bewirken können. Pettenkofer hebt in neueren Arbeiten[37] eigens hervor, daß es nicht die Schwankungen des Grundwassers an sich sind, welche die Frequenz der Typhusfälle beeinflussen, sondern die Schwankungen desselben in einem **unreinen** Boden.

Während Regen- und auch Grundwasser, wenn sie nach abwärts sinken, nur schwer imstande sind, organische Substanzen (und Bakterien) nach unten zu befördern, wird hinsichtlich der Frage, ob abströmendes Grundwasser imstande ist, hineingelangte Unreinigkeiten fortzutragen, der Sachverhalt wohl ein anderer sein. Diese Frage ist insofern von Wichtigkeit, als es hiervon abhängt, ob eine an einer gewissen Stelle stattgefundene Verunreinigung des Grundwassers auch an anderen, entlegeneren Stellen zu einer Brunnenverderbnis führen kann.

Ich glaube: Ja! Denn bei horizontalen Grundwasserströmen werden die ins Wasser gelangten Stoffe durch die fortwährend nachfolgenden Wassermassen unaufhaltsam fortgespült und bewegt; beim Einsickern von der Oberfläche in die Tiefe fehlt dieses unausgesetzte Nachspülen, und darum werden die organischen Stoffe auch im Boden haften bleiben. Uebrigens spricht für dieses Fortschwemmen der Unreinigkeit auch die Thatsache, daß in Städten mit verunreinigtem Boden sämtliche Brunnen verunreinigtes, auch die an reinen Bodenstellen eingestreut gelegenen nicht reines Wasser führen. Pettenkofer beschreibt sogar einen Fall, wo das Ammoniakwasser einer Gasfabrik sich mit dem Grundwasser schnell und weithin verbreitete. Von oben nach unten hätte es offenbar eine so mächtige Bodenschicht nicht so rasch durchdringen können.

1) *Vgl.* **Ad. Mayer**, *Lehrb. d. Agrikult.-Chem.* (1871), 2. *Bd.* 77; **Soyka**, *Boden*, 180.
2) **A. Orth**, *Landwirtsch. Versuchsstat.* (1873) 56.
3) *Vgl.* **Detmer**, *Die naturwiss. Grundlagen d. allg. Bodenkunde* (1876) 313.
4) *Vgl. in Reinigung und Entwässerung von Berlin, Anhang, I* 120.
5) *V. f. öff. Ges.* (1875) 732. — **Lissauer**, *ebendas.* (1876) 582.
6) *Annales d'hyg. publ.* (1877) *Heft* 2.
7) *V. f. ger. Med.* (1877) *Juliheft* 125, (1878) *Oktoberheft* 282, (1891) 2. *Bd.* 171. *Ferner Deutsche med. Zeitung* (1893) *No.* 5.
8) *Hyg. Unters. üb. Luft, Boden und Wasser, Abt. II.*
9) *A. f. Hyg.* 1. *u.* 2. *Bd.*
10) *Unters. zur Kanalisation, München* (1885); *ferner A. f. Hyg.* 2. *Bd.*
11) *Z. f. Biol.* 11. *Bd.*
12) *Vgl.* **Liebig** (*Zöller*), *Die Chemie in ihrer Anwendung etc.* (1875) 117; *ferner* **Pillitz**, **Knop**, **Armsby** *u. a. im Centrbl. f. Agrikulturchemie*, *Bd.* 8, 9 *u. ff.*; **Bemmelen**, *Landwirtschaftl. Versuchsstat.* 21., 23., 35. *Bd.*; **Kellner**, *daselbst* 33. *Bd. u. s. f.*
13) *Ann. d' hyg. publ.* (1877).
14) *A. f. Hyg.* 2. *Bd.*
15) *Comptes Rendus* 95. *Bd.* 691, 854.
16) *Biedermann's Centralblatt* (1887).
17) **Fodor**, *Hyg. Unters. von Luft, Boden und Wasser, II. Abt.*
18) *L. c.* **Proust**, *Hygiène* 613.
19) *XI. Jahresber. d. Landes-Med.-Koll., Leipzig* (1881) 163.
20) *III., IV., V. Jahresber. d. chem. Centralstelle in Dresden.*
21) *Landwirtsch. Versuchsstat.* 13. *Bd.* 155.
22) *S. Reinigung und Entwässerung von Berlin a. a. O.* 124—9, 134.
23) *Landwirtsch. Jahrb.* (1874).
24) *Ann. agronomiques* (1884).
25) *Comptes Rendus* 89. *Bd.* 1074.
26) *Chem. Centralbl.* (1879) 439.
27) *Z. f. Biol.* 11. *Bd.* 463.
28) *V. Jahresbericht d. Land.-Med.-Koll.*
29) *Beitr. z. Hygiene, Leipzig* (1879) 87.
30) *Hyg. Unters. v. Luft, Boden u. Wasser, II.*
31) *Jahresber. des Wien. Stadtphysikats* (1882) 99.
32) *S. Reinig. u. Entw. a. a. O.*
33) *Biedermann's Centralblatt* (1887).
34) *Zeitschr. f. Biol.* 2. *u.* 3. *Bd.*
35) *Ebendas.* 6. *u.* 9. *Bd.*
36) **Baker**, *Rep. of the Board of Health of Michigan* (1884).
37) *Der epidemiologische Teil des Berichtes etc., München-Leipzig* (1888) 53.

SECHSTES KAPITEL.

# Bakterien im Boden.

Sobald die allgemeine hygienische Bedeutung der Bakterien er kannt war, hat man dieselben auch im Boden aufgesucht und gefunden

Birch-Hirschfeld[1] untersuchte im Jahre 1874 Dresdene Bodenproben teils direkt unter dem Mikroskop, teils nach Züchtung i Cohn'scher Nährlösung. Nach derselben Methode hat Fodor mehrer hundert durch Bohrung entnommene Bodenproben untersucht und ge funden, daß während der oberflächliche Boden stets schon in einige Milligrammen Bakterien enthielt, die mit aus 4 m Tiefe entnommener Boden angesetzten Kulturen wiederholt steril blieben, und wen es zu einer Entwickelung von Bakterien kam, so war diese gewöhnlic geringer und spärlicher als in den mit oberflächlicheren Bodenprobe angesetzten Kulturen. Aus den oberen Bodenschichten wuchsen mei „Bakterien“ weniger „Bacillen“; Mikrokokken und Spirobakterien ware noch seltener (Hyg. Unters., Abt. 2, S. 194).

Fodor hat ferner nachgewiesen, daß Bakterien überhaupt seh schwer durch den Boden in die Tiefe gelangen. Auf de in einer Glasröhre enthaltenen sterilisierten Boden wurde faulend Harn oder gefaulte Nährlösung in kleinen Anteilen aufgegossen; da abträufelnde, in Cohn'scher Nährlösung aufgefangene Filtrat blie bei langsamem Aufgießen sehr lange unverändert und zeigte keine En wickelung von Bakterien, zum Beweis dafür, daß die Bakterie durch den Boden zurückgehalten worden waren. Soba aber das Aufgießen in raschem Strome erfolgte, waren nach kurz Zeit auch die Bakterien durch die 1 m starke Bodenschicht hindurc gedrungen.

Miquel[2] hat die an verschiedenen Stellen, aber nur aus ga oberflächlichen Bodenschichten (in 10—20 cm Tiefe) entnommen Proben gezüchtet und auf den Gramm Boden 7—900000 Schizophyt gezählt.

Es versteht sich wohl von selbst, daß auch die Erforschung d Bakterien des Bodens an Gründlichkeit gewann, als Koch seine fest Nährböden auch auf unser Gebiet anwandte und gleichfalls konstatierte daß die Bakterien in den oberflächlichen Bodenschichten überaus reic

lich vorhanden sind, aber mit der Tiefe so rasch abnehmen, daß er überhaupt bezweifelte, ob im nicht aufgewühlten Boden unter 1 m Tiefe noch Bakterien vorhanden wären. Seitdem wurde der Bakteriengehalt des Bodens von zahlreichen Forschern, namentlich von Beumer[4], Adametz[5], Maggiora[6], C. Fränkel[7], G. und P. Frankland[8], Reimers[9], Eberbach[10] u. a. untersucht. Die Ergebnisse stimmen hauptsächlich darin überein, daß die Anzahl der Bakterien an der Oberfläche und in den 0,5—1 m tiefen Schichten des Bodens überaus groß ist und unterhalb 2 m rasch abnimmt. C. Fränkel fand in Berlin und Umgebung in 1 $cm^3$ Erde an der Oberfläche 45000 bis unzählbar viel, in 1 m Tiefe im Maximum 150000, als Minimum 200, ja steril, in 2 m Tiefe von 200000 bis 100 und steril, in 3 m Tiefe von 34000 bis keine, in 4 m Tiefe von 8000 bis keine Bakterien auf. Im großen ganzen war der Boden auf Feldern bakterienärmer als in der Stadt, und nahm dort insbesondere die Zahl mit der Tiefe rascher ab. Fränkel fand ferner, daß auch die Sporen in den tieferen Schichten rasch abnahmen, und daß hier auch die Zahl der anaëroben Arten gering war. Die Richtigkeit der Untersuchungen von Beumer und Maggiora, welche selbst in 5—6 m Tiefe noch sehr viel Bakterien fanden, kann aber bezweifelt werden, weil es nicht ausgeschlossen ist, daß die Bakterien sich bei ihren Versuchen während des Stehens der Bodenproben im Laboratorium vermehrt haben. Smolensky[11] fand gleichfalls, daß die Bakterien in der Tiefe abnehmen, aber im Bereiche des Grundwassers wieder rasch zu kolossalen Mengen sich emporschwingen.

Die Art und Anzahl der Bakterien im Boden ist zu verschiedenen Zeiten offenbar verschieden. G. Rigler hat den Boden des hygienischen Institutes zu Budapest (unaufgewühlter feinkörniger Sand) im Frühjahr (17. März 1892) und Mitte Sommer (26. Juli 1892) auf Bakterien untersucht und bei der ersten Gelegenheit in den durch Bohrung entnommenen Erdeproben in 0,5 m Tiefe noch sehr viele, aber schon in 1 m auffallend wenige Bakterien, dagegen aus den aus 2 und 4 m Tiefe entnommenen Proben überhaupt Kulturen nur dann erhalten, wenn er größere Mengen Materials in Arbeit nahm. Im Juli aber waren die Bakterien auch in 2 m Tiefe noch zahlreich, in 3 und 4 m Tiefe auch jetzt nur sehr spärlich vorhanden.

Diesbezüglich sind weitere und umfassendere Untersuchungen wünschenswert.

## 1. Rolle der Bakterien im Boden.

Gleichwie die frühesten Forschungen sich zunächst der Frage zuwandten, ob die Bakterien an den Zersetzungsprozessen der organischen Substanzen beteiligt sind, und die Frage nach ihrer Mitwirkung bei der Pathogenese erst später hinzukam, so war auch hinsichtlich der Bodenbakterien die erste Frage die, ob die Bakterien an den im Boden verlaufenden Zersetzungsvorgängen, an der Kohlensäureentwickelung, Nitrifikation u. s. w. Anteil haben, und erst später suchte man festzustellen, ob unter denselben auch pathogene Arten vertreten sind.

Daß bei den Zersetzungsvorgängen im Boden die Bakterien eine Rolle spielen, haben schon Pasteur, Alex. Müller, Fodor u. a.

vermutet; letzterer versuchte sogar den Boden durch Einblasen von Chlorgas zu desinfizieren[12]. Später haben Schlösing und Müntz[13], Hehner[14], Falk[15], Warington[16], Wollny[17] und wieder Fodor[18], Landolt[19], Uffelmann[20], Falk u. Otto[21] u. a. diese Rolle der Bakterien untersucht, wobei sich herausstellte, daß ein erhitzter, in Dampf sterilisierter Boden weder nitrifizierte noch Kohlensäure produzierte, und daß auch die Absorptionskraft des Bodens für organische Substanzen bedeutend abgenommen hat. Nur ausnahmsweise sind Forscher zu dem Ergebnis gelangt, daß die Nitrifikation im Boden von den Bakterien unabhängig ist, wie z. B. Frank[22]; doch wurden die Mängel seiner Versuche von A. Baumann[23] aufgedeckt. In den Versuchen von Fodor zeigten die nach Aufgießen von diluiertem ($^1/_{10}$) Harn abgeflossenen Flüssigkeiten folgende Zusammensetzung, auf 100 ccm berechnet:

| | Durch nicht erhitzten Boden filtrierte Flüssigkeit | Durch erhitzten Boden filtrierte Flüssigkeit |
|---|---|---|
| Ammoniak | 1,75 mg | 1,5 mg |
| Org. Substanzen (mit Permanganat bestimmt) | 19,2 „ | 84,04 „ |
| Salpetersäure | 90,0 „ | 0 |

Ferner war die produzierte Kohlensäuremenge bei steigender Temperatur bis 60—65° C. kontinuierlich gestiegen, zwischen 65 und 95° wieder kontinuierlich, aber allmählich, und über 95° C. hinaus plötzlich abgefallen. Falk hat gefunden, daß Thymol, Naphthylamin, Nikotin, Ptyalin etc. einen erhitzt gewesenen Boden unverändert passieren, im nicht erhitzten Boden dagegen zurückgehalten werden (vergl. auch S. 127).

Schlösing und Müntz, dann Soyka[24] haben die Abnahme der Nitrifikation im erhitzten Boden gleichfalls beobachtet; ferner konnten die letztgenannten Forscher, dann Warington und Wollny nachweisen, daß in einem Boden nach Durchleitung von Chloroformdämpfen sowohl die Nitrifikation als die Kohlensäureproduktion aufhörte.

Aus allen diesen Erscheinungen wurde mit Recht gefolgert, daß die Zersetzungsvorgänge im Boden, namentlich die Bildung von Kohlensäure und Salpetersäure durch Mikroorganismen bedingt sind.

Schlösing und Müntz, dann Fodor versuchten die bei der Nitrifikation und bei der ammoniakalischen Zersetzung wirksamen Organismen zu isolieren, was ihnen aber bei der Unzulänglichkeit der damaligen Methoden nicht gelang. Uebrigens vermögen auch die neueren Untersuchungen die Frage nicht mit Bestimmtheit zu beantworten, welche Organismen bei diesen Prozessen thätig sind. Heraeus[25], Celli[26] und Sachsse[27] schreiben die Fähigkeit zur Nitrifikation verschiedenen Organismen (u. a. den Anthrax-, Typhus- und Cholerabacillen, den Finkler'schen Spirillen, den Staphylokokken etc.) zu, während P. u. G. Frankland[28] einen Bacillococcus beschreiben, der salpetrige Säure produziert, aus welcher wiederum durch einen anderen Organismus Salpetersäure gebildet wird. Endlich schreibt Winogradsky[29], dem sich auch Müntz anschließt, in seinen neuesten Arbeiten die Salpetersäurebildung kleinen (0,5 $\mu$), ovalen Mikroorganismen zu, und ähnlichen, aber beträchtlich größeren Organismen die Bildung von salpetriger Säure.

Auch die reduzierenden Bodenbakterien und ihre Thätigkeit sind nicht hinlänglich bekannt. Dehérain und Maquenne führen diese Wirkung auf anaërobe Bakterien zurück; Heraeus, Celli, G. und P. Frankland haben für die verschiedensten Bakterien reduzierende Eigenschaften nachgewiesen, welche auch von Petri[31] für die Cholerabakterien bestätigt werden. Breal[32] fand auf Stroh eine Bakterienart, welche die Salpetersäure auch an der Luft reduziert und dieselbe auch auf Wiesen und in den oberflächlichen Bodenschichten in Ammoniak überführen soll.

Daß im Boden neben Nitrifikation, Kohlensäurebildung und Reduktion noch weitere chemische Prozesse durch Bakterien und andere bisher unbekannte Fermente unterhalten werden, ist sehr wahrscheinlich. Hierher wären vielleicht die oft behauptete und negierte (Dehérain, Berthelot u. A.) Umwandlung von atmosphärischem Stickstoff in der Luft und im Boden zu Nitraten und Nitriten, dann die nach Hoppe-Seyler[33] in Boden und Gesteinen verlaufenden Gärungsprozesse zu zählen. Die Bildung von Rasenerz und Sumpferz ist nach Winogradsky gleichfalls Bakterienarbeit.

## 2. Lebensprozesse der Bakterien im Boden.

Die Lebensvorgänge der Bakterien an der Oberfläche und im Innern des Bodens sind offenbar sehr komplizierter Natur, weil sowohl die hier in Betracht kommenden Bakterienarten (auch die bekannten, von den unbekannten gar nicht zu sprechen) überaus verschiedenen Lebensgesetzen unterworfen sind, als auch die auf die Bakterien einwirkenden Faktoren (von den bekannten z. B. Luft, Licht, Wärme, Nährsubstanz, Feuchtigkeit, Konkurrenz, — die unbekannten wieder gar nicht zu rechnen) nach Zeit und Ort überaus wechseln.

Darum ist es auch unmöglich, für das Verhalten der Bodenbakterien im Boden eine allgemeine Regel aufzustellen. Was aus den vorliegenden Erfahrungen über Nitrifikation, Kohlensäurebildung etc. im Boden, ferner über die biologischen Verhältnisse der Bakterien (namentlich der saprogenen und saprophyten) bekannt ist, ließe sich beiläufig in folgendem zusammenfassen:

An der Oberfläche des Bodens leben unzählbare Mengen von Bakterien, und zwar mehr auf dem verunreinigten, als auf reinem Boden. Wärme und Feuchtigkeit (Regen und feuchter Boden) wirken fördernd auf ihr Wachstum, während Sonne und Licht, insbesondere auch die übermäßige Erhitzung durch Sonnenstrahlung, dann Austrocknung und Reinlichkeit ihre Zahl bedeutend vermindern können. Nach der vegetativen Winterruhe werden die Oberflächenbakterien durch die Frühjahrswärme und Feuchtigkeit zu lebhafter Thätigkeit angeregt, während sie im Sommer und während der trockenen Jahreszeit eine wahrscheinlich nur geringe Arbeit leisten, um zur Zeit der Herbstregen zu intensiver Thätigkeit angefacht zu werden, im Winter aber fast zur Unthätigkeit verdammt zu sein. Witterung, Regen, Trockenheit, Kälte und Wärme sind also auf Bakterien, die an der Bodenoberfläche vegetieren, von wesentlichem Einfluß.

Auch in den oberflächlichen Bodenschichten, bis zu 1—2 m Tiefe, giebt es sehr viel Bakterien, in Städten in der Nähe von Abtrittgruben etc. eventuell sogar noch mehr als an der Oberfläche.

Für ihre Existenz und Vermehrung ist es günstig, daß sie gegen Insolation, Licht und Austrocknung hier besser geschützt sind als an der Oberfläche, aber nachteilig, daß weniger Sauerstoff zur Verfügung steht, und daß ihre Zersetzungsprodukte (gasförmige [Kohlensäure] ebenso wie andere) schwerer entfernt werden, was ihrer Vegetation hinderlich sein mag. Die freie Kohlensäure der Grundluft kann auch hindernd auf ihre Lebensthätigkeit einwirken (Fränkel)[34]. In diesen Schichten ist die Wärme geringer, aber gleichmäßiger; die Lebensthätigkeit der Bakterien wird weniger intensiv, aber kontinuierlich, ohne „Ruhe“-Pausen, wenigstens nicht so ausgesprochene, wie an der Bodenoberfläche verlaufen. In den tieferen Schichten werden aber die anaëroben und besonders die fakultativ aëroben besser als die obligaten aëroben Arten gedeihen, daher auch den Kampt mit den gewöhnlichen aëroben Saprophyten erfolgreicher führen können. Ihr Wachstum wird den Höhepunkt im Sommer und Herbst erreichen, dagegen im Winter und Frühjahr auf das geringste Maß herabsinken; ein vollkommener Stillstand in der Lebensthätigkeit dürfte aber kaum jemals eintreten. Witterung, Regen, Grundwasserschwankungen und hieraus folgende Feuchtigkeit werden diese Bakterien nur in mäßigem Grad beeinflussen.

In noch größeren Tiefen (unter 2 m) scheinen die dahin hinabgeschwemmten Bakterien successive zu Grunde gehen zu müssen. Weder die Anaëroben noch die Sporen besitzen genügende Widerstandskraft. Dies beweist die geringe Zahl, in welcher dieselben in tieferen Bodenschichten angetroffen werden. Wachstum und Vermehrung sind hier noch weniger wahrscheinlich, obschon ihre Existenz und sogar eine Vermehrung weder durch die Temperatur oder die geringere Menge organischer Nährstoffe in den tieferen Schichten, noch durch die Abnahme des Sauerstoffes ausgeschlossen ist (ausgenommen für einige Bakterienarten, die zum Gedeihen höherer Temperaturgrade bedürfen). Jahreszeit, Witterung, Feuchtigkeitsschwankungen werden auch, da sie hier nur geringe Veränderungen erleiden, auf die Lebensthätigkeit der Bakterien nur von geringem Einfluß sein.

Nach alledem vermögen Veränderungen in Temperatur, Feuchtigkeit und Verunreinigung des Bodens wohl das Bakterienleben im Boden zu modifizieren und können infolge dessen auch als Indikatoren der bakteriellen Lebensprozesse in Anspruch genommen werden; doch ist diese Modifikation nur in den oberflächlichen Schichten bedeutender; unter 2—3 m dürften Schwankungen der Feuchtigkeit und Temperatur in Beziehung zum Bakterienleben so ziemlich bedeutungslos ablaufen.

Ebenso können als Ausdruck der bakteriellen Lebensprozesse im Boden die Bildung von Kohlensäure, Salpetersäure, dann auch von salpetriger Säure, ferner Reduktionsprozesse: Bildung von Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Sumpfgas angesprochen werden; doch muß man sich auch hier hüten, aus der Menge Kohlen- und Salpetersäure oder Ammoniak voreilig auf Schwankungen jener Prozesse zu folgern, da man ja weiß, daß die vorhandenen Mengen bei der Kohlensäure auch von der Permeabilität, bei Salpetersäure und Ammoniak aber von der Absorptionskraft, dann vom Auslaugen des Bodens durch Wasser abhängen.

### 3. Pathogene Bakterien im Boden.

Die Anwesenheit und das Verhalten pathogener Bakterien im Boden ist derzeit die wichtigste Frage der Bodenhygiene. Durch die neueren bakteriologischen Untersuchungsmethoden sind wir befähigt, die Bakterien im Boden leichter zu erkennen und auch zu verfolgen; doch muß leider konstatiert werden, daß unsere diesbezüglichen Kenntnisse noch am Anfang des Anfangs sich befinden.

Die ersten pathogenen Bakterien, die im Boden mit verläßlicher Genauigkeit erkannt wurden, waren die Bacillen des Milzbrandes und des malignen Oedems. Pasteur[35] hat, um zu erfahren, ob eine Bodenstelle, wo an Milzbrand eingegangene Tiere verscharrt sind, aus dem Grunde zu infizieren vermag, weil die Milzbrandbacillen aus den vergrabenen Kadavern durch Regenwürmer an die Oberfläche gefördert werden, im Boden nach Milzbrandbacillen geforscht und während der Probeimpfungen gleichzeitig die Bacillen des malignen Oedems (Vibrion septique) entdeckt. Dann haben Koch, sowie Gaffky die nämlichen Bakterien im Boden gründlicher untersucht[36] und angegeben, daß die Oedembacillen — so zu sagen — überall im Boden in den oberflächlichen Schichten, insbesondere in verunreinigtem, gedüngtem Boden anzutreffen sind.

Auf ähnliche Weise wie Pasteur hat dann Nicolaier[37] die Tetanusbacillen entdeckt, die wieder besonders in gedüngtem Boden und im städtischen Straßenstaub häufig vorkommen. In der freien Natur sind bisher andere pathogene Bakterienarten im Boden mit verläßlicher Präcision nicht nachgewiesen, obschon von den Typhusbacillen behauptet wird, daß ihr Züchten aus verunreinigtem Boden gelungen ist, so von Tryde[38] im verunreinigten Boden einer Kopenhagener Kaserne, und von Macé[39] im Boden eines Typhushauses, nahe bei einem Brunnen, in dessen Wasser Typhusbacillen nicht nachgewiesen werden konnten. Klebs und Tommasi-Crudeli[40], dann Ceci, Schiavuzzi[41] u. a. haben auch im Boden gefundene Malariabacillen beschrieben, doch ist es seitdem sehr zweifelhaft geworden, was das eigentlich für Bacillen waren, und ob sie überhaupt etwas mit der Malaria zu schaffen haben.

Der Umstand, daß bisher im Boden nicht einmal die Infektionserreger der sogenannten Bodenkrankheiten (Typhus, Cholera, Malaria) nachgewiesen sind, darf nicht dahin gedeutet werden, als ob dieselben im Boden überhaupt nicht anwesend wären; die Erfolglosigkeit der Untersuchungen hat ihren Grund offenbar in der Unzulänglichkeit unserer Methoden. Man wird den Boden besonders in endemischen Orten und zu epidemischer Zeit in weitem Arbeitskreise und mit viel Geduld durchforschen müssen, ehe man sich mit beruhigender Sicherheit darüber aussprechen kann, daß die gesuchten Organismen inmitten der Milliarden gewöhnlicher Bakterien wirklich vorkommen oder fehlen. Solche Untersuchungen konnten aber die hygienischen Institute mit ihren unzureichenden Dotationen bisher nicht mit der nötigen Ausdauer verfolgen. Die Schwierigkeiten werden noch dadurch gesteigert, daß z. B. der Infektionsstoff der Malaria außerhalb des menschlichen Körpers unbekannt ist.

Um so eifriger war man bestrebt, das Verhalten der wichtigsten pathogenen Bakterien in Versuchsboden zu verfolgen.

## Verhalten pathogener Bakterien im Boden.

Die Lebensfähigkeit der Bakterien im Boden kam schon damals zur Untersuchung und Diskussion, als Pasteur es für möglich hielt, daß aus vergrabenen Milzbrandkadavern durch Regenwürmer Milzbrandsporen an die Bodenoberfläche gebracht werden, während Koch mit Rücksicht auf die Temperatur im Boden die Möglichkeit einer Sporenbildung im Abrede stellte[42], und dieselbe nur für die oberflächlichsten Bodenschichten, wo die zur Sporenbildung erforderliche minimale Temperatur (15° C.) vorhanden ist, zugab.

Die Untersuchungen von Soyka zeigten dann, daß Milzbrandbacillen (und auch Heubacillen), wenn sie mit der Nährlösung in Erde vermengt werden, rascher zur Sporenbildung schreiten als in Flüssigkeiten[43], vorausgesetzt, daß die Bodenprobe eine gewisse Feuchtigkeit und Wärme besitzt. Als entsprechendster Feuchtigkeitsgrad erwiesen sich zwar 50—75 Porenvolumprozente (= 19,6—29,4 Bodenvolumprozente) Wasser, doch war die Sporenbildung schon bei 10 und selbst bei 150 Porenvolumprozenten (als daher der Boden bereits mit einer freien Wasserschicht bedeckt war) immer noch früher eingetreten als in der Nährlösung. Im Boden kann es — nach Soyka — eventuell schon in 10 Stunden zur Sporenbildung kommen, wodurch der Boden eine konservierende Rolle für den Infektionsstoff des Milzbrandes gewinnt, ohne welche die Bacillen eventuell (infolge von Austrocknung, Fäulnis etc.) zu Grunde gegangen wären. Das bei den Versuchen konstatierte Temperaturoptimum (36—37° C.) kann natürlich im Boden bloß ausnahmsweise (im Sommer) und in der obersten Bodenschicht vorkommen. Bei 20—24° C. trat die Sporenbildung im Boden erst nach 3 Tagen ein, in Flüssigkeit zeigte sie sich aber bei dieser Temperatur nicht einmal nach 6. Tagen.

Auch Uffelmann[45] hat in Knochen von Milzbrandkadavern, welche jedenfalls vor einer Reihe von Jahren verscharrt worden waren, lebensfähige, vollvirulente Milzbrandkeime in großer Zahl konstatiert.

Feltz[44] hat 18 cm hohe Bodenschichten mit Milzbrandkulturen und Milzbrandblut begossen und an der Luft im Regen stehen lassen. Die aus diesem Boden entnommenen Proben waren innerhalb 10 Monaten für Kaninchen und Meerschweinchen ausnahmslos virulent, zwischen 25—36 Monaten auf Kaninchen ohne Wirkung, während die Meerschweinchen noch alle getötet wurden. Demnach vermag der Infektionsstoff des Milzbrandes im Boden, äußerst lange am Leben zu bleiben; allmählich werden aber — nach Feltz — auch die Sporen abgeschwächt.

C. Héjja[46] hat dagegen bei seinen im hygienischen Institut zu Klausenburg ausgeführten Versuchen gefunden, daß Leichen an Milzbrand eingegangener Mäuse, im Freien in 20—30 cm Tiefe vergraben, bloß eine Woche lang virulente Milzbrandbacillen entwickelten; 2 Wochen alte Leichen vermochten nicht mehr zu infizieren, obschon in den Leichenteilen zahlreiche gut färbbare Bacillen zu sehen waren. Die unter und neben den Leichen entnommene Erde war nicht ansteckend. Uebrigens blieben die mit den an der freien Luft aufbewahrten Mäuseleichen angestellten Impfungen schon innerhalb der ersten Woche erfolglos. Aehnliches fand Esmarch[47] an vergrabenen Leichen von an Infektion verendeten Versuchstieren und hält daher das Begraben an Infektionskrankheiten Verstorbener für unschädlich.

Fränkel[48] hat mit Milzbrand geimpfte Agarschälchen auf $1^1/_2$, 2 und 3 m Tiefe in den Boden versenkt; die Milzbrandbacillen ge-

diehen bloß in $1^1/_2$ m Tiefe gut, als hier die Temperatur 16—18° C. betrug; in 2 m Tiefe war das Wachstum schwach, als die Temperatur 14 und 16° erreichte; in 3 m Tiefe, wo die Temperatur im Maximum 17,5° erreichte, zeigte sich nur einmal ein kümmerliches Wachstum (bei 14° C.).

Manfredi und Serafini[49] haben nachgewiesen, daß in den mit Milzbrand geimpften Bodenproben die Kohlensäure thatsächlich zunahm, daß also die verimpften Organismen lebten und sich im Boden vermehrten. Namentlich war die Entwickelung von Kohlensäure an den ersten Tagen nach der Impfung am stärksten und nahm dann wieder ab. Fodor hatte im natürlichen Boden, Möller und Wollny in Bodenproben schon früher beobachtet, daß die Kohlensäureentwickelung auf eine nach längerer Trockenheit durch Regen resp. künstlich erfolgte Befeuchtung anfangs stürmisch anstieg, dann aber abnahm (s. oben S. 112 und 127). Es scheint daher, daß die durch Austrocknung oder andere Ursachen zur Ruhe gezwungenen Bakterien nach der Befeuchtung mit gesteigerten Kräften gedeihen, daß aber diese Wachstumsenergie sich alsbald erschöpft. Diese Erscheinung ist für die Beurteilung des explosionsartigen Ausbruchs und der raschen Abnahme gewisser Epidemien von Wichtigkeit.

Das Verhalten der Typhusbacillen im Boden wurde von Fränkel[50], Grancher und Deschamps[51], De Blasi[52], Uffelmann[53], Würtz und Mosny[54] und von Karlinski[55] studiert. Fränkel sah dieselben in auf $1^1/_2$, 2 und 3 cm Tiefe in den Boden versenkten Agarschälchen selbst bei 9—10° noch gut gedeihen, doch konnte das Wachstum eventuell auch bei 12° ausbleiben. Grancher und Deschamps begossen in einem weiten Metallrohr enthaltene Bodenproben mit Typhuskultur und spülten die Bacillen mit aufgegossenem Wasser in die Tiefe, wobei sich herausstellte, daß die Bacillen auf 40—50 cm hinabgeschwemmt wurden und hier trotz der konkurrierenden übrigen Bacillen $5^1/_2$ Monate lang angetroffen werden konnten. Karlinski hat aber mit Recht ausgestellt, daß die Identifizierung der Typhuskulturen bloß mit der Noeggerath'schen Entfärbungsprobe erfolgte, also nicht verläßlich ist. Karlinski selbst fand in Bodenproben und an in natürlichen Boden versenkten Typhusorganen (durch Kontrollzüchtung auf Kartoffeln), daß die Typhusbacillen im Boden 3 Monate lang am Leben bleiben, mit Exkrementen (also konkurrierenden Bakterien) vergraben aber rascher zu Grunde gehen, endlich in den Bodenschichten länger leben als an der Oberfläche, wo sie der Einwirkung von Sonne und Austrocknung ausgesetzt sind.

Uffelmann hat Gartenerde in Schalen mit Typhusbacillen und Fäkalurin versetzt, verrieben und zeitweise (alle 14 Tage) mit Regenwasser befeuchtet bei 18—23, dann 18—21, 12,5—10, 17—19 und 9—0° an der freien Luft gehalten; die Typhusbacillen waren nach mehr als 5 Monaten nicht nur am Leben, sondern hatten sich auch vermehrt.

Bei den Versuchen von Würtz und Mosny konnten die Typhusbacillen auf 50—60 cm Tiefe in den Boden niedergeschwemmt werden, waren aber, insbesondere in von unten aufsteigendem Wasser, sehr rasch, schon nach 3 Tagen zu Grunde gegangen.

Die Cholerabacillen, von welchen schon Koch und Gaffky nachgewiesen haben, daß sie im feuchten Boden zu leben vermögen, sind wieder von Fränkel, dann D. Cunningham[56], de Giaxa[57], Manfredi und Serafini u. a. untersucht worden. Fränkel fand auch

die Cholerabacillen wenig empfindlich, da dieselben in den Agarschalen in $1^{1}/_{2}$ m Tiefe schon bei 10° gut (ein anderes Mal bei 11° nicht), in größeren Tiefen aber bei 12° schon gut gediehen.

de Giaxa sah die Cholerabacillen nur in reinem, sterilisiertem Boden am Leben bleiben; in nicht sterilisiertem Boden waren sie in 1 m Tiefe schon nach 4 Tagen zu Grunde gegangen. Das Bodenmaterial (Gartenhumus, Lehm, Sand) ändere am Verhalten dieser Bakterien nichts. Manfredi und Serafini sahen die Cholerabacillen in sterilisiertem Boden gedeihen, da dieselben Kohlensäure produzierten, und zwar wieder anfangs lebhaft, später in geringerer Menge. Ferner war die Kohlensäureproduktion in kalkhaltigem Boden stärker als in Quarzboden.

Cunningham fand die Cholerabacillen in (sterilisierten?) Bodenproben 5—26 Tage lang entwickelungsfähig.

Von den Tetanusbacillen schreibt Bombicci[58], daß dieselben im Boden langsamer zu Grunde gehen, was offenbar von der Sporenbildung abhängt. Liermann[59] fand den in Erde begrabenen Arm einer an Tetanus verstorbenen Person noch nach $2^{1}/_{2}$ Jahren virulent.

In den Versuchen von Héjja[60] war in den vergrabenen Mäuseleichen Micrococc. tetragenus nach 3 Wochen, Bacillus sept. mur. (Koch) aber nach 4 Wochen noch virulent.

Von den Infektionserregern der Bodenkrankheit *κατ' ἐξοχήν*, nämlich der Malaria, läßt sich heute noch nichts sagen, da dieselben im Boden noch nicht gefunden wurden.

Nach alledem sind unsere Kenntnisse über das Verhalten der pathogenen Bakterien im Boden noch sehr unzulänglich und primitiv, voll von Widersprüchen und wenig aufgeklärt, selbst mit Bezug auf die Mikroorganismen der sogen. Bodenkrankheiten. Trotzdem darf wohl auf Grund der obigen Daten sowie der biologischen Eigenschaften der hier in Betracht kommenden Bakterienarten und anderer Analogien über die Lebensverhältnisse der wichtigsten pathogenen Bakterienarten (Milzbrand, Typhus, Cholera) im Boden folgendes teils als gewiß, teils wenigstens als wahrscheinlich behauptet werden:

1) Ein allgemeines Gesetz über Wachstum und Vermehrung der pathogenen Bakterien im Boden kann zur Zeit nicht aufgestellt, und die Erfahrungen über die absolute Möglichkeit des Gedeihens und der Fortpflanzung von Bakterien im Boden überhaupt können nicht einfach auf die pathogenen Arten übertragen werden, weil die bisher bekannten Eigenschaften der letzteren von den Lebensbedingungen der gewöhnlichen saprogenen und saprophytischen Arten wesentlich abweichen. Es muß daher das Verhalten der pathogenen Bakterien zum Boden, zu den Tiefen-, Temperatur-, Feuchtigkeits- u. a. Verhältnissen des letzteren gesondert festgestellt werden.

2) Milzbrandbacillen können an der Oberfläche des Bodens während der ganzen warmen Jahreszeit am Leben bleiben und sich auch, eventuell auf feuchtem Boden bei warmer Witterung, aber im Schatten, sogar überaus stark vermehren; andererseits können Austrocknen, Sonne und Licht, direkte heiße Sonnenstrahlen und Konkurrenz mit anderen Bakterien zur Vernichtung der Milzbrandbacillen resp. zur Abschwächung der Virulenz führen, während die in Berührung mit dem Boden erfolgende Sporenbildung schützend und konservierend wirkt.

In den oberflächlichen Bodenschichten vermögen sie besonders zur warmen Jahreszeit am Leben zu bleiben, Sporen zu bilden und sich

sogar zu vermehren. Hierher niedergeschwemmte Sporen können gegen Sonne und Austrocknung konserviert werden, dann an die Oberfläche gelangt, selbst nach längerer Zeit neue Kulturen entwickeln und hierdurch die Infektion der Lokalität erhalten.

Ueber 2 m tief in den Boden vergrabene Milzbrandbacillen oder -sporen haben kaum mehr eine epidemiologische Bedeutung, weil dieselben mangels an Wärme sich nicht vermehren oder auskeimen, und an die Oberfläche oder ins Wasser nur äußerst schwierig gelangen können, sodaß sie höchst wahrscheinlich viel früher zu Grunde gehen werden, als sie hätten schaden können. Doch ist deren Virulenz auch nach Jahren nicht ausgeschlossen, wenn dieselben künstlich an die Oberfläche gebracht werden (Uffelmann).

3) Typhusbacillen werden kaum im stande sein, an der Bodenoberfläche massenhaft sich zu vermehren, weil ihr Wachstum ein langsames ist, sich rasch erschöpft und nicht auf größere Gebiete sich verbreitet. Auch sind sie gegen konkurrierende Bakterienarten und gegen Austrocknen minder widerstandsfähig.

In der oberflächlichen Bodenschicht können aber Typhusbacillen lange, wenigstens einige Monate lang, am Leben bleiben, und wird für sie hier der Sauerstoffmangel nicht nur nicht tötlich, sondern im Gegenteil erst recht günstig sein, gerade so wie im menschlichen Körper, wo die Typhusbacillen auch als Anaëroben leben. Auch der geringere Grad an Wärme schließt ihre Lebensfunktionen nicht aus. Vorteilhaft ist ein feuchter, das Wasser gut bindender Boden mit hohem Grundwasserstand, und in einem solchen Boden können auch Feuchtigkeitsveränderungen auf sie von Einfluß sein, ferner ein Reichtum an organischen Substanzen. Hier können also die Temperatur-, Feuchtigkeits-, Grundwasser- und Verunreinigungsverhältnisse den Typhus beeinflussen. Wenn den Typhusbacillen im Boden überhaupt eine Rolle zukommt, so werden sie diese offenbar in diesen oberflächlichen Schichten am meisten zur Geltung bringen können.

In den tiefen Schichten wird wahrscheinlich auch der Typhus fehlen oder zu Grunde gehen, weshalb auch die Temperatur-, Feuchtigkeits- und Grundwasserverhältnisse in den tiefen Bodenschichten auf den Typhus kaum von Einfluß sein dürften.

4) Cholerabacillen können an der Bodenoberfläche sehr gut in Massen und auf großen Gebieten gedeihen, weil dieselben sich bei vorhandener Feuchtigkeit und Wärme überaus rasch vermehren und ausbreiten. In diesem ersten Ansturm werden sie auch die konkurrierenden Bakterien überwuchern und bedürfen nicht viel Nährstoff, da sie ja auch auf feuchtem Papier und feuchter Wäsche gedeihen. So rasch aber die Cholerabacillen die Oberfläche eines feuchten, verunreinigten Bodens in großem Umkreis überwuchern können, ebenso rasch werden sie auch verschwinden, weil sie die Konkurrenz mit anderen Bakterien nicht bestehen können, und weil ihre Vegetationskraft durch Austrocknen, Sonnenbrand, Abkühlung und vielleicht auch durch Licht bald gebrochen wird. Das Wachstum der Cholerabakterien kann also durch Witterungseinflüsse, wie Regen und Wärme, plötzlich angefacht, durch Trockenheit und Kühle aber ebenso rasch gedämpft werden. Wenn die Cholerabacillen im Boden überhaupt eine Rolle spielen, so ist offenbar die Bodenoberfläche der geeignetste Schauplatz dazu.

In den oberfächlichen Bodenschichten begegnet ihr Wachstum schon mehr Schwierigkeiten; hier reichen Sauerstoff und Wärme für eine rasche Vegetation nicht aus, und auch die räumliche Ausbreitung ist erschwert und verlangsamt.

Daß die Cholerabacillen in den tiefen Schichten gedeihen würden, läßt sich derzeit kaum vorstellen. Vermöge ihrer geringen Lebenskraft und anderer Eigenschaften werden sie in diese tieferen Schichten überhaupt nicht hinuntergelangen und hier nicht bestehen können.

Demnach werden die in den oberen und tieferen Bodenschichten verlaufenden, langsam thätigen Kräfte (Schwankungen von Grundwasser, Feuchtigkeit und Temperatur) in den Lebensprozessen der Cholerabacillen im Boden kaum eine Rolle spielen.

## 4. Auswanderung der Bodenbakterien.

### a) Wanderung in die Luft.

Die im Boden ansässigen, konservierten oder gezüchteten Bakterien können auf verschiedenen Wegen in die Luft, ins Wasser, in Wohnungen und überhaupt an Orte gelangen, wo eine Invasion des menschlichen Körpers stattfinden kann. So werden von der Bodenoberfläche durch Zerstäubung, Winde, die mechanische Einwirkung verkehrender Menschen und Tiere, Verschleppung mit der Fußbekleidung und mit auf dem Boden umherliegenden oder in demselben gewachsenen Gegenständen, durch Ablagerung von Staub in Wasser oder Nahrungsmittel Bakterien in unsere Nähe oder in unseren Körper hineingelangen können.

Ob auf einzelnen dieser Wege eine Infektion oft stattfindet, und auf welchem, das zu erforschen, ist die Epidemiologie berufen. In der Bodenhygiene genügt es, zu konstatieren, daß Bakterien von der Bodenoberfläche offenbar und unzweifelhaft auch zum Menschen gelangen können.

Schon viel schwieriger ist die Frage zu entscheiden, ob dasselbe auch für die im Innern des Bodens befindlichen Bakterien der Fall ist. Anfangs wurde angenommen, daß Bakterien entweder durch aufsteigende Grundluftströme an die Oberfläche gewirbelt oder im Gegenteil durch niedergehende Meteorwässer oder sinkendes Grundwasser in die Tiefe, in Brunnen getragen werden und auf diesen Wegen aus dem Boden in den menschlichen Körper gelangen können. Miflet[61] soll es gelungen sein, in der aus dem Boden aspirierten Luft Bakterien nachzuweisen. Fodor[62] hat hingegen sterilisierte Klebs'sche Nährlösung unter einem im Freien aufgestellten Glassturz gehalten und durch diesen kontinuierlich Luft vom Boden her aspiriert und trotz dem während mehrerer Monate langen Stehen bloß eine Pilzkolonie sich entwickeln sehen, im übrigen blieb die Nährlösung steril. Dann haben Nägeli[63], Pumpelly[64], Miquel[65] und Emmerich[66] nachgewiesen, daß die Luft schon durch eine sehr geringe, aber feuchte Bodenschicht vollkommen filtriert und bakterienfrei wird, und Emmerich sah die Bakterien bloß durch einen austrocknenden Boden durchdringen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten später auch andere Forscher (Buchner, Renk, Petri u. a.), die aus dem natürlichen Boden oder durch Bodenproben Luft aspirierten und diese keimfrei fanden.

Doch kann man sich auch mit diesen negativen Versuchsergebnissen nicht zufrieden stellen, weil die epidemiologische Erfahrung (s. unten) zu augenfällig darauf hinweist, daß gewisse Infektionen, z. B. bei Malaria, durch aus dem Innern des Bodens aufsteigende Organismen verursacht werden. Wir verfügen auch sonst über einige experimentelle Grundlagen, die uns gestatten, ein Aufsteigen von Bakterien in die Luft uns vorzustellen, obschon dies derzeit noch nicht positiv bewiesen werden kann. Diese Grundlagen liefern uns die Untersuchungen von Buchner und Soyka.

Buchner[67]) hat auf die physikalische Thatsache hingewiesen, daß, wenn in einem mit Flüssigkeit gesättigten Boden der Flüssigkeitsspiegel sinkt, die in der unmittelbar oberhalb befindlichen Bodenschicht zwischen den Erdepartikeln vorhandene kapillare Flüssigkeit immer dünner wird und sich in Flüssigkeitslamellen umwandelt, welche endlich platzen, wobei ein Teil der in der Lamelle enthaltenen Flüssigkeit staubartig umherspritzt und in die Grundluft gelangt, durch welche sie fortgetragen werden kann. Waren in der bewußten Flüssigkeit Bakterien enthalten (was in einem verunreinigten Boden nur zu sicher anzunehmen ist), so werden auch diese mit der Grundluft fortgetragen.

Es ist klar, daß dieses Zerplatzen von kapillaren Wasserblasen nicht nur beim Sinken des Grundwassers, sondern jedesmal stattfinden wird, wenn die Bodenfeuchtigkeit beim Austrocknen oder Vordringen des Wassers in den Kapillarröhrchen abnimmt, also auch bei Regenfällen in der Spur des niedergehenden Wassers; andererseits kann aber auch ein auf diese Weise stattfindendes Austreten von Grundluft und Bakterien aus dem Boden nur dann angenommen werden, wenn die kapillaren Wasserlamellen nahe zur Oberfläche bersten, weil sonst die verspritzten Bakterien wieder durch die Bodenschicht abfiltriert würden. Man kann sich also diesen Prozeß in den oberen Bodenschichten sowohl bei auf Regenfälle folgender Trockenheit, als bei auf einen hohen Stand folgendem raschen Sinken des Grundwassers vorstellen.

Soyka[68] behauptet auf Grund seiner Versuche, daß, wenn man Röhren mit reinem, sterilisiertem Boden füllt und in pilzhaltige Flüssigkeiten taucht, die betreffenden, in den Flüssigkeiten vorhandenen Pilze sich, entsprechend dem kapillaren Aufsteigen des Wassers, im Boden nachweisen lassen, ohne daß bei der kurzen Zeit, innerhalb welcher das Ansteigen erfolgt und gleichzeitig der Nachweis der Pilze möglich ist, an ein Durchwachsen durch den Boden hindurch gedacht werden könnte. Innerhalb 24—48 Stunden und noch früher wurden Strecken bis zu 20 cm gleichzeitig von der Flüssigkeit und den darin suspendierten Pilzen (Mäuseseptikämie, Milzbrand, Kommabacillen, der Cholera u. s. w.) zurückgelegt.

Soyka gelangt nun auf Grund dieser experimentell beobachteten Thatsachen zu folgenden Schlußsätzen:

Bei einer lang andauernden Austrocknung des Bodens muß sich für eine bestimmte Zeit eine ziemlich ununterbrochene kapillare Wasserleitung aus tieferen Bodenschichten nach der Bodenoberfläche etablieren. Mit diesem Flüssigkeitsstrome können nun reichlich Pilze an die Oberfläche gelangen, — aber nicht etwa bloß Pilze, die sich im Grundwasser befinden; sondern, wo überhaupt in irgend einer Bodenschicht, die von dem aufsteigenden Kapillarstrome innerhalb des Bodens getroffen wird, die sich also zwischen Grundwasser und Bodenoberfläche befinden, Pilze

vorkommen, werden sich diese der aufsteigenden Strömung anschließen und so an die Oberfläche gelangen können.

Diese von Buchner und Soyka hervorgehobenen und beleuchteten Bodenverhältnisse lassen, einander ergänzend, die Ansicht als genügend plausibel erscheinen, daß, während einerseits die aus der Tiefe gegen die Bodenoberfläche gewöhnlich bestehenden kapillaren Feuchtigkeitsströme die etwa früher durch Regen hinabgeschwemmten Bakterien — wenigstens zum Teil — wieder näher zur Oberfläche hinauffördern oder die in den tieferen Schichten vermehrten Bakterien hierher bringen, andererseits bei nahe zur Oberfläche stattfindender Austrocknung die platzenden Flüssigkeitslamellen jene aus dem Boden stammenden Bakterien durch die bereits trockene oberste Bodenschicht mit Hilfe der Grundluft in die über der Bodenoberfläche stehende Luftschicht gelangen lassen[69]. Daß aber hierzu die Bodenverhältnisse im Herbst, dann Abends und in der Nacht am günstigsten sind, kann man auf Grund früherer Ausführungen konstatieren.

Wir dürfen aber auch die den Soyka'schen widersprechenden Versuchsergebnisse von Pfeiffer[70] nicht verschweigen, wonach die Bakterien durch aufsteigende Kapillarströme kaum um 4 cm gehoben werden, woraus man folgern müßte, daß den Kapillarströmen als Fördermitteln von Bakterien auf die Oberfläche und in die Nähe der Menschen bei weitem nicht die ihnen von Soyka zugeschriebene Wichtigkeit zukommt. Neuere und sorgfältige Versuche in dieser Richtung wären sehr erwünscht.

Bei der Förderung von Bakterien auf die Bodenoberfläche hat Pasteur[71] auch den Regenwürmern, neben Milzbrandkadavern, eine Rolle zugesprochen. Eine weitere Bedeutung dürfte dieses Moment für die vorliegende Frage kaum haben. Viel wichtiger ist das Aufgraben und Aufwühlen des Bodens bei Kanalisations-, Straßenpflasterungs- und Feldarbeiten, da hierdurch Bakterien bestimmt an die Oberfläche und in unsere Nähe gelangen können. Obschon es uns an experimentellen Angaben mangelt, welche illustrieren würden, wie die Bakterien bei solchen Gelegenheiten an die Luft gelangen und — in Berührung mit der Luft — vielleicht auch rasch sich vermehren, so spricht die epidemiologische Erfahrung doch für die Thatsache, daß ein Aufwühlen des Bodens häufig von Infektionen gefolgt war (s. unten), welche ganz gut dadurch können erklärt werden, daß aus dem aufgedeckten Boden pathogene Bakterien entflogen und in den menschlichen Körper gelangt sind.

### b. Wanderung der Bodenbakterien in das Grundwasser.

Nicht minder schwierig ist es, die Art und Weise aufzuklären, wie Bakterien ins Grundwasser (also eventuell in Brunnen) gelangen. Die vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen, wie im Obigen zu sehen war, daß Bakterien nur überaus langsam in die tieferen Bodenschichten und somit auch in das Grundwasser hinabgeschwemmt werden, daß sie inzwischen auch ihre Lebensfähigkeit einbüßen, wie dies daraus hervorgeht, daß der Boden in 2 m Tiefe steril gefunden wurde. Die Versuche Fränkel's[72] mit Grund-(Brunnen-)Wasser beweisen geradezu, daß Bakterien thatsächlich in ein nur etwas reineres und tiefer stehendes Grundwasser nur selten hinabgelangen können. Trotzdem

kann nicht geleugnet werden, daß unter günstigen Verhältnissen, so z. B. bei hohem Stand oder Ansteigen des Grundwassers, ferner in einem Boden mit geringer Filtrier- und Bindekraft (Kies) die Möglichkeit für das Vordringen von Bakterien bis zum Grundwasser doch gegeben ist.

Dieses Vordringen von Bakterien in die Tiefe und ins Grundwasser kann auch durch zufällige Momente bewirkt werden. Ganz abgesehen von Fällen, wo Brunnen offen stehen und Bakterien von der Oberfläche durch Luftströme mit dem Staub aufgewirbelt und in den Brunnen gestreut, hier aufs neue befeuchtet, zu üppigem Wachstum angeregt werden, — ferner von Fällen, wo in der mangelhaften Konstruktion der Brunnen die Möglichkeit gegeben ist, daß Bakterien mit den in den Höfen vergossenen und auf Kehrichthaufen angesammelten Abfallstoffen durch Einsickern leicht in den Brunnenschacht und weiter ins Brunnenwasser gelangen können, was insbesondere bei Regenwetter geschehen kann, will ich nur hervorheben, wie häufig der Boden, gerade in der Nähe von Brunnen und Abtrittgruben, durch unter der Oberfläche lebende Tiere, wie Ratten, Maulwürfe, ferner Insekten, Regenwürmer u. s. w., durchwühlt und gelockert wird. Dadurch können direkte Bohrgänge zwischen Abtrittgruben und Düngerhaufen und den Brunnen etabliert werden, und ist es gar nicht notwendig, daß dieselben bis zum Grundwasserspiegel hinabreichen, denn wenn die direkte Kommunikation vom Abtritt durch die obere Bodenschicht nur bis zur Brunnenmauer führt, werden schon Schmutz und Bakterien hier einsickern können und dann an der Wand entlang bis ins Wasser hinabgeschwemmt werden. (Vergl. S. 133.)

Ob die in das Grund- oder Brunnenwasser gelangten Bakterien hier leben resp. sich vermehren können, darüber kann man sich nur mit der größten Umsicht und Reserve und auch so nur annähernd äußern. Offenbar werden die Verhältnisse hier für das Brunnen- und das Grundwasser, ferner je nach Beschaffenheit und Temperatur des Wassers und endlich auch für die einzelnen Bakterienarten verschieden liegen.

Im Grundwasser werden aërobe Bakterienarten sich nicht so leicht erhalten können, wie in dem der Luft zugänglichen Brunnenwasser (bei offenen Brunnen), wo es eventuell sogar zu Vermehrung kommen kann. Gegen Temperatur-Verhältnisse empfindliche Bakterienarten müssen sich in dem *oberflächlichen* und daher *im Sommer und gegen Herbst warmen* Grund- resp. Brunnenwasser anders verhalten als in dem konstant kälteren, tieferen Wasser, ferner anders im stagnierenden als in einem in lebhafter Bewegung, in Strömung befindlichen Grund- oder Brunnenwasser; anders in einem Wasser, welches mehr organische Substanzen und gewisse Salze und Kohlensäure in größerer Menge enthält als andere. Endlich werden sich Cholera- und Typhusbacillen anders verhalten als andere Bakterienarten.

Alle diese Fragen sind bisher nur primitiv und ungenügend untersucht. Die Würdigung dieser Thatsachen und der Rolle des Wassers bei der Konservierung und Vermehrung der Bakterien, sowie bei der Vermittelung von Infektionen gehört in das Kapitel der *Wasserhygiene*.

### c) Eindringen der Bodenbakterien in Wohnungen.

Dem Eindringen der Bodenbakterien in Wohnungen stellen sich,

wie obige Ausführungen beweisen, große Hindernisse in den Weg, doch kann dasselbe nicht geleugnet werden. Die Feuchtigkeit kann Bodenbakterien auch mit Zuthun der Kapillarität durch die Mauern in die Häuser fördern, wo dieselben leicht in den menschlichen Organismus eindringen können; dasselbe kann, innerhalb der geschilderten Begrenzung, auch durch Vermittelung der Grundluft stattfinden.

Daß die an der Bodenoberfläche zerstäubten oder mit der Grundluft in die Atmosphäre aufgestiegenen Bakterien durch Fenster und Ventilationswege in die Wohnungen gelangen können, versteht sich wohl von selbst.

## 5. Anderweitige Infektionsstoffe des Bodens.

Unsere Kenntnisse und unsere Auffassung bezüglich des Vorganges bei einer Infektion, resp. bezüglich des Krankwerdens an einer sog. infektiösen Krankheit sind insofern noch sehr mangelhaft, als wir gewohnt sind, die Schädlichkeiten immer nur in den Bakterien und namentlich in deren Leibern zu suchen, und an etwas anderes kaum denken, andere Gestaltungen der Schädlichkeitsquellen beinahe ganz außer acht lassen. Und doch ist es keineswegs ausgeschlossen, daß z. B. ein verunreinigter Boden nicht nur dadurch gesundheitsschädlich wirkt, daß er die Bakterien selbst in den menschlichen Organismus gelangen läßt, sondern eventuell auch durch die festen und vielleicht auch gasartigen Produkte der Bakterien, welche den infizierten Boden durchsetzen. Haben doch neuere Untersuchungen für die meisten pathogenen Bakterien nachgewiesen, daß dieselben nicht nur an sich, sondern auch dadurch schädlich wirken, daß sie toxisch wirkende Substanzen produzieren (Cholera, Typhus, Tetanus u. s. w.), und daß namentlich diese Stoffe schon in den geringsten Mengen die Symptome der betreffenden Krankheiten hervorrufen. Daher liegt auch die Möglichkeit sehr nahe, daß in einem verunreinigten, in Fäulnis begriffenen, resp. von pathogenen Bakterien überschwemmten Boden Ptomaïne und Toxine ebenso — und noch dazu in ausgedehnterem Maße — gebildet, als selbe im Kleinen in unseren Kulturfläschchen entwickelt werden. Den weiteren Uebergang der so gebildeten Bakteriengifte aus dem Boden in den Tierkörper kann man sich am besten durch Vermittelung des Grund- resp. Brunnenwassers vorstellen.

Ob solche Ptomaïne und Toxine aus dem infizierten Boden wirklich in das Trinkwasser gelangen, das zu erörtern, gehört ins Kapitel Wasser. Ich will hier bloß erwähnen, daß Herr Keyso Tamba aus Tokio sich in meinem Institut längere Zeit mit der Darstellung von Ptomaïnen aus an organischen Substanzen reichem verunreinigten Brunnenwasser, aber ohne Erfolg, beschäftigt hat. Die Frage erfordert unbedingt weitere Versuche.

Noch mangelhafter sind unsere Kenntnisse über die Frage, ob nicht Bakterien im Boden etwa flüchtige toxische Substanzen produzieren können. In meinem Institut in dieser Richtung angestellte Versuche haben zu ganz negativen Ergebnissen geführt, und sind mir positive Versuchsresultate auch von anderen Forschern nicht bekannt; trotzdem meine ich, sei das Offenhalten dieser Frage berechtigt, da die Untersuchungen von Brown-Séquard und d'Arsonval betreffend flüchtige Ptomaïne — obschon denselben von mehreren Seiten widersprochen wurde, und auch

meine schon Jahre vor der Veröffentlichung der Brown-Séquardschen Mitteilung angestellten ähnlichen Versuche zu negativen Resultaten führten — doch auch, wenigstens teilweise positive Bestätigung fanden, so z. B. neuestens von Merkel[73].

Wenn die Bildung flüchtiger Ptomaïne wirklich möglich ist, so wird zur Erzeugung großer Mengen besonders im verunreinigten Boden, bei der großen Ausdehnung und Intensität der hier verlaufenden Zersetzungsprozesse, reichliche Gelegenheit vorhanden sein. Flüchtige Ptomaïne könnten gleichzeitig mit der Grundluft in die Atmosphäre und in die Wohnungen gelangen.

Ein mit menschlichen, tierischen oder vegetabilischen Stoffen verunreinigter Boden könnte auch dadurch schädlich werden, daß in demselben nicht nur Bakterien, sondern auch andere niedere Organismen mit Infektions- oder Invasionsfähigkeit sich entweder bloß aufhalten oder frei werden, oder gar gezüchtet werden können. So sprechen z. B. hinsichtlich des mit menschlichen Stoffen verunreinigten Bodens gewisse Anzeichen dafür, daß der vom Menschen entleerte Infektionsstoff der Dysenterie auf oder in dem Boden verborgen sein und von dort auf den gesunden Menschen gelangen könne. Auch die Anchylostomiasis und Anämie der Bergleute und Ziegelarbeiter wird durch den mit Eiern von Anchylostomum duodenale verunreinigten Boden vermittelt[74]. Auf diese Weise können durch Vermittelung des Bodens offenbar auch mehrere andere parasitäre Krankheiten unterhalten und verbreitet werden.

Daß der mit vegetabilischen Substanzen verunreinigte Boden den Infektionserregern der Malaria als Zuchtstätte dient, kann bestimmt behauptet werden, obschon es nicht gelungen ist, dieselben aus dem Boden zu isolieren, und es daher derzeit nicht möglich ist, den Lebenslauf der Malariaorganismen im Boden, sowie die Art und Weise, wie sie von dort zum Menschen gelangen, zu beleuchten.

1) *Fünfter Jahresber. d. Land. Med.-Koll. etc., Dresden* (1875) 183.
2) *Annuaire de l' Observatoire de Montsouris* (1879).
3) *Mitteil. aus d. kais. Gesundheitsamte* 1. *Bd.* (1881).
4) *Deutsche med. Woch.* (1886).
5) *Baumgarten's Jahresber.* (1886).
6) *Giorn. della R. Accad. di med.* (1887).
7) *Z. f. Hyg.* (1887).
8) *Z. f. Hyg.* (1889).
9) *Z. f. Hyg.* (1890).
10) *Verhalten der Bakterien im Boden Dorpats, Dorpat* (1890).
11) *Baumgarten's Jahresber.* (1887).
12) *Allg. med. Centr.-Ztg.* (1875) *No.* 38.
13) *Comptes Rendus* (1877) *I* 301, *II* 1018.
14) *Chem. Centrbl.* (1879) 217.
15) *V. f. ger. Med.* (1877, 1878).
16) *Chem. Centrbl.* (1879) 232, 439.
17) *Landw. Versuchsstat.* (1880) 390.
18) *Hyg. Unters. über Luft, Boden u. Wasser, II. Abt.*
19) *Tagebl. der* 59. *Naturforsch.-Versammlg.* 289.
20) *A. f. Hyg.* 4. *Bd.* 82.
21) *V. f. ger. Med.* (1891).
22) *Tagebl. d.* 59. *Naturforsch.-Versammlg.*
23) *Landw. Versuchsstat.* 35. *Bd.* 256.
24) *A. f. Hyg.* (1884).
25) *Z. f. Hyg.* 1. *Bd.*
26) *Acad. dei Lincei* (1886).
27) *Chem. Centrbl.* (1889).
28) *Proceed. of the Roy. Soc.* (1890).

29) *Annales de l'Instit. Pasteur* (1891).
30) *Comptes Rendus XCV.*
31) *C. f. Bakt.* (1889).
32) *C. f. Bakt.* (1892).
33) *Z. f. phys. Chem.* 10. *Bd.*
34) *Z. f. Hyg.* 5. *Bd.*
35) *Bull. de l'Acad. de méd.* (1881).
36) *Mitteilg. aus d. Kais. Gesundheitsamte* 1. *Bd.*
37) *Deutsche med. Woch.* (1884).
38) *Semaine méd.* (1885).
39) *Comptes Rendus CVI.*
40) *Arch. f. exper. Path. u. Pharm.* 11. *Bd.*
41) *Daselbst* 15. *u.* 16. *Bd.*
42) *Mitt. aus d. k. Ges.-Amte* 1. *Bd.* 64.
43) *Fortschritte d. Mediz.* (1886).
44) *Comptes Rendus CII.* (1886).
45) *Uffelmann's Jahresbericht* (1890) 152.
46) *Orvosi Hetilap* (1885) *und Orvos-Természettudományi Értesítö* (1885). [*Ungarisch.*]
47) *Z. f. Hyg.* 7. *Bd.*
48) *Z. f. Hyg.* 2. *Bd.* 579.
49) *A. f. Hyg.* 11. *Bd.* 1.
50) *a. a. O.*
51) *Arch. de méd. exp.* (1889) 1. *Bd.*
52) *Baumgarten's Jahresber.* (1889).
53) *C. f. Bakt.* 5. *Bd.*
54) *Rev. d'hyg.* 11. *Bd.*
55) *A. f. Hyg.* 13. *Bd.* 3. *Ferner C. f. Bakt.* 6. *Bd.*
56) *Uffelmann's Jahresber.* (1889).
57) *C. f. Bakt.* (1890).
58) *C. f. Bakt.* (1891) 2. *Bd.* 21.
59) *A. f. exp. Path. XXVII.*
60) *a. a. O.*
61) *Beitr. z. Biol. d. Pflanzen* 3. *Bd.*
62) *Luft, Boden u. Wasser.*
63) *Die niederen Pilze, München* (1877).
64) *Report of the National Board of Health, Washington* (1881).
65) *Les organismes vivants dans l'atmosphère, Paris* (1883).
66) *A. f. Hyg.* 4. *Bd.*
67) *Ctrbl. f. d. med. Wiss.* (1882).
68) *Prager med. Wochenschr.* (1885); *ferner s.* **Soyka**, *Der Boden* (1887) 221.
69) *Vgl. auch* **Renk**, *A. f. Hyg.* 4. *Bd.* 27.
70) *A. f. Hyg.* 4. *Bd.* 241.
71) *Acad. de méd.* (1881); *s. auch* **Feltz**, *C. R. XCV*; **Bollinger**, *Arb. aus d. path. Instit. München* (1886). *Dagegen*: **Koch**, *Mitt. aus d. kais. Ges.-Amte* 1. *Bd.*
72) *Zeitschr. f. Hyg.* 6. *Bd.* 23.
73) *Arch. f. Hyg.* (1892). *Vergl. auch* **Beu** *in Z. f. Hyg.* 14. *Bd. Dagegen* **Rauer**. *ebendas.* 15. *Bd.*
74) **Concato** *et* **Perroncito**, *Comptes Rendus* (1880) 1. *Bd.* — **Perroncito**. *Comptes Rendus* (1882) 1. *Bd. u. s. w.*

SIEBENTES KAPITEL.

# Einwirkung der Bodenverhältnisse auf die öffentliche Gesundheit.

## A. Der Boden in seinen Beziehungen zu epidemischen und endemischen Krankheiten.

Eine große Anzahl von Krankheiten des Menschen und der Tiere soll, den herrschenden Anschauungen zufolge, mit dem Boden in einem unmittelbaren Kausalnexus stehen, von dem mittelbaren ursächlichen Zusammenhang, welcher beinahe für jede Krankheit selbstverständlich abgeleitet werden kann, gar nicht zu sprechen. Zu diesen sogenannten Bodenkrankheiten gehören vor allem die Malariafieber mit ihren geographischen Abarten und Formen, dann das Gelbfieber, die Cholera, die Beulenpest, der Abdominaltyphus, gewisse Diarrhöen, die Dysenterie, ferner gewisse chronische endemische Krankheiten, wie Kropf und Kretinismus. Außerdem stehen aber noch viele andere Krankheiten in ursächlichem Zusammenhang mit dem Boden, wie z. B. Tetanus, Milzbrand, Rauschbrand, das maligne Oedem, verschiedene septische Prozesse (darunter auch die Puerperalsepsis), und sogar die Tuberkulose, die Infektionspneumonie etc., sowie gewisse endemische parasitische Leiden, z. B. die Anchylostomiasis.

Die eingehende Erörterung des Verhältnisses, in welchem jede einzelne dieser Krankheiten zum Boden steht, würde die diesem Werke gesteckten Grenzen weit überschreiten. Ich beschränke mich daher hier darauf, nur die wichtigsten „Bodenkrankheiten" in ihrem Verhalten zum Boden zu untersuchen, um hierdurch die Rolle des Bodens gegenüber Krankheiten und Epidemien zu beleuchten.

### 1. Die Kriterien der Bodeneinflüsse auf en- und epidemische Krankheiten.

#### a) Oertliche und zeitliche Disposition.

Die Ansicht, daß der Boden und seine verschiedenen Verhältnisse auf en- und epidemische Krankheiten von Einfluß sein können, wurde

hauptsächlich durch Beobachtungen geweckt, welche Pettenkofer klar und gemeinverständlich als örtliche und zeitliche Disposition der betreffenden Krankheiten bezeichnete.

Unter örtlicher Disposition verstehen wir die Abhängigkeit der Ausbreitung einer Krankheit von einem bestimmten Areal, z. B. von einem Lande, von einer Stadt, von einem Hause.

Oertlich disponiert ist ein Gebiet, wenn auf demselben eine gewisse Krankheit relativ mehr vorherrscht als auf einem anderen Gebiete; eine Krankheit zeigt örtliche Disposition, wenn sie auf einem Gebiet (Areal), in einem Orte sich relativ weiter auszubreiten vermag als auf anderen.

Wenn wir nun sehen, daß eine Krankheit die Bewohner eines umschriebenen Gebietes im Vergleich zu anderen Gebieten besonders heftig ergreift oder im Gegenteil auffallend verschont, so müssen wir annehmen, daß die Krankheit auf jenem Gebiete durch spezifische, an anderen Orten nicht vorhandene Ursachen und Eigenschaften unterstützt, resp. verbreitet wird.

Diese, die Verbreitung einer Krankheit fördernden oder behindernden Eigenschaften eines Gebietes oder Ortes müssen aber offenbar an die fixen Komponenten der Oertlichkeit gebunden sein und nicht an den Luftkreis, welcher rasch von Ortschaft zu Ortschaft zieht und Infektionsstoffe zu produzieren kaum geeignet sein dürfte, — auch nicht an die Nahrung, welche nach Ortschaften wenig differiert, sowie nicht an Kleidung und Volksrasse, sondern an etwas anderes, namentlich an den Boden, als den ureigensten Bestandteil einer Ortschaft oder eines Hauses, mit welchem die Lebensverhältnisse des Menschen so eng verbunden sind, und welcher uns schon a priori als eine geeignete Sammel- und Konservierungs- oder gar Brutstätte der Infektionsstoffe ansprechen wird.

Immerhin bleibt aber die thatsächliche Abhängigkeit einer Krankheit vom Boden, also die örtliche Disposition — oder um noch präziser zu sprechen, die Bodendisposition — erst noch positiv nachzuweisen, wenn auch die Krankheit eine auffallende, örtliche Begrenzung zeigt. Es ist das eine sehr schwierige epidemiologische Aufgabe. Denn offenbar wird nicht bloß der Boden örtlich auf die Verbreitung einwirken können, sondern noch manches andere, was mit dem Boden überhaupt nichts zu thun hat, so z. B. der Zustand der Wohlhabenheit, Reinlichkeit und Ernährung der Bevölkerung an einem bestimmten Orte, ferner Unterschiede und Eigentümlichkeiten in der Wasserversorgung verschiedener Ortschaften, dann die Ansammlung von gewissen Lebensbedingungen unterworfenen Personen in Gefängnissen, Irrenanstalten, Klöstern, die von der Kommunikation abgesperrt sind, andererseits das Zusammenströmen von Marktbesuchern oder Pilgern, ferner die Verschiedenheit der Kommunikationsverhältnisse (Verschleppung nach Orten, die an Eisenbahnen und Wasserstraßen liegen, im Gegensatze zu abgelegenen Städten mit zerstreuter Bevölkerung, z. B. in Gebirgsdörfern) u. s. f.

Um also nachweisen zu können, daß die örtliche Disposition thatsächlich vom Boden abhängt, muß man zunächst alle anderen zwar auch örtlichen, aber nicht an den Boden gebundenen Verhältnisse ausschließen; wenn dann die örtliche Verbreitung der Krankheit auch noch auf bestimmte Bodenverhältnisse zu beziehen ist, so kommt das der Beweisführung sehr zu statten.

Als solche Bodenverhältnisse sind uns bereits die Oberflächenformation und Struktur, die Wärme-, Feuchtigkeits- und Verunreinigungsverhältnisse des Bodens bekannt.

Ein nicht minder wichtiges Kriterium für die Annahme der Abhängigkeit einer Krankheit vom Boden liefert der Nachweis, daß diese Krankheit einer zeitlichen Disposition unterworfen, d. h. daß sie an gewisse Zeiträume gebunden ist, da die wichtigsten und augenfälligsten zeitlichen Veränderungen nicht in der Ernährung, Kleidung und den Verkehrsverhältnissen einer Bevölkerung u. s. w., sondern im Boden verlaufen. Doch können auch hier offenbar nicht ausschließlich die zeitlichen Verhältnisse des Bodens auf den zeitlichen Verlauf der Seuche einwirken, sondern auch andere, hiervon ganz unabhängige Verhältnisse, wie z. B. das zeitweilige Zusammenströmen disponierter Individuen an gewissen Orten, Einrücken von Rekruten, Eintreffen von Schülern zu gewissen Zeiten in gewisse Orte, Märkte und Pilgerfahrten zu gewissen Zeiten an gewissen Orten, das Zusammendrängen der Bevölkerung in die Wohnungen zur kalten, und der Aufenthalt und das zerstreute Leben im Freien zur warmen Jahreszeit, anstrengende Arbeit, militärische Manöver zu gewissen Zeiten. Die hohe Temperatur im Sommer vermag z. B. auch dadurch eine zeitliche Disposition zu erzeugen, daß sie nicht bloß den Boden, sondern auch das Wasser, die Nahrungsmittel und den Schmutz in Straßen, Höfen und Häusern zur Züchtung von Infektionsstoffen geeignet macht. (Vergl. S. 157.)

Man wird also, wenn man die Abhängigkeit der zeitlichen Disposition vom Boden nachweisen will, zuerst die Rolle aller dieser wohl auch örtlich-zeitlichen, aber nicht zu den Bodenverhältnissen gehörigen Faktoren auszuschließen haben und wieder dann mit besonderem Nachdruck argumentieren können, wenn man positiv nachweist, daß das zeitliche Verhalten der Krankheit auch mit den zeitlichen Verhältnissen des Bodens zusammenhängt, von welchen uns bisher die zeitlichen Schwankungen in der Erwärmung und Durchfeuchtung des Bodens, im Grundwasserstand, in der Permeabilität und den Zersetzungsprozessen des Bodens, im Verhalten der Grundluft, den Mikroorganismen des Bodens u. a. als die wichtigsten bekannt sind.

Bei der Erforschung der Rolle, die dem Boden gegenüber gewissen Krankheiten zukommt, haben wir daher derzeit in erster Reihe die erwähnten örtlichen und zeitlichen Bodenmomente mit dem örtlichen und zeitlichen Verhalten der Krankheit zu konfrontieren.

### b) Kontagiöse und miasmatische Krankheiten.

Die durch örtliche und zeitliche Bodenmomente beeinflußten Krankheiten können gewiß nicht einfach kontagiös sein in dem Sinne, daß die Vermehrung des Infektionsstoffes im menschlichen (oder Tier-) Körper stattfindet (**endogene** Erzeugung des Infektionsstoffes nach Pettenkofer). Es ließe sich nämlich gar nicht verstehen, auf welche Weise die Produktion und Verbreitung dieses endogenen Infektionsstoffes durch die erwähnten örtlichen und zeitlichen Bodenverhältnisse beeinflußt werden sollte. Denn wenn der Infektionsstoff den Organismus in fertigem Zustand verläßt, muß ein jeder die Krankheit bekommen können, der mit dem Krankheitsstoff in Berührung trat, und diese Berührung kann von der Konfiguration, Struktur, Feuchtig-

keit, Verunreinigung und Wärme des Bodens nicht oder nur wenig reguliert werden.

Wenn man aber sieht, daß eine Krankheit an gewissen (z. B. an reinen, trockenen, erhöhten) Orten und zu gewissen Zeiten (im Winter und Frühjahr) trotz dem Vorhandensein von Infektionsstoff und trotz Berührung und Kommunikation sich nicht oder nur wenig ausbreitet, daß aber an anderen (z. B. tief gelegenen, feuchten, verunreinigten) Orten und zu anderen Zeiten (im Sommer und Herbst) diese Ausbreitung stattfindet: so muß der Infektionsstoff offenbar unter der Mitwirkung einer außerhalb des menschlichen Körpers gelegenen Ursache erzeugt oder virulent gemacht, oder einfach vermehrt werden, und dies muß in erster Reihe in demjenigen Medium stattfinden, welches in der Umgebung des Menschen zur Erhaltung und auch zur Reproduktion des organischen Lebens am meisten geeignet ist, und mit dessen Verhältnissen auch die Verbreitung der fraglichen Krankheit übereinstimmte: dies ist der Boden. Man ist also anzunehmen gezwungen, daß der Infektionsstoff unter solchen Umständen im Boden erzeugt, reproduziert oder modifiziert (gereift, gekräftigt) wird, also außerhalb des menschlichen Körpers lebt und sich vermehrt oder entwickelt (**ektogene** Erzeugung nach Pettenkofer). Die auf endogenem Wege erzeugten Infektionsstoffe nennt man — nach der alten Nomenklatur — **Kontagien**, die in der Umgebung des Menschen (ektogen) erzeugten oder modifizierten aber **Miasmen**. Dementsprechend werden auch die durch die betreffenden Stoffe hervorgerufenen Krankheiten kontagiöse, resp. miasmatische genannt.

Aus der Biologie der infektiösen Organismen (Bakterien) ist uns aber wohl bekannt, daß deren mehrere Arten sowohl im menschlichen (Tier-) Körper als außerhalb desselben zu leben und sich auch zu vermehren vermögen, und daß sie ihre Virulenz in beiden Fällen unverändert erhalten können. Milzbrandbacillen — um uns der am besten erforschten Infektionserreger als Beispiel zu bedienen — vermögen nicht nur dann anzustecken, wenn wir sie aus einem infizierten Tiere als endogenen Infektionsstoff, als Kontagium entnommen haben, sondern auch dann. wenn sie außerhalb des Tierkörpers auf ektogenem Wege, als Miasma gezüchtet und verimpft worden sind. Diese sowohl endogene als ektogene Reproduktion und Virulenz ist auf bakteriologischem Wege für die Bakterien von Cholera, Typhus, Diphtherie, Tetanus, septischen Infektionen, malignem Oedem u. a. beweisbar. Aus alledem kann man schon a priori mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß diese Krankheiten sowohl durch im Tierkörper reproduzierte Mikroorganismen (Kontagien), als auch durch außerhalb desselben gezüchtete (Miasmen) erhalten und verbreitet werden, mit anderen Worten, daß diese Krankheiten sowohl kontagiös als auch miasmatisch sein können.

### c) Die individuelle Disposition und der Boden.

Die Beeinflussung gewisser Krankheiten durch örtliche und zeitliche Bodenmomente kann auch davon abhängen, daß der Boden nicht auf die Infektionserreger selbst, sondern auf die auf ihm lebenden Menschen einwirkt, welche also durch gewisse Bodenverhältnisse für gewisse Infektionen disponiert, durch andere hingegen widerstandsfähiger gemacht werden. So kann man sich ganz leicht vor-

stellen, daß eine auf einem verunreinigten, feuchten Boden lebende Bevölkerung zu einer Zeit, wenn die Zersetzung in jenem Boden besonders lebhaft verläuft, infolge dieser Zersetzungsvorgänge von gewissen Fäulnisorganismen überfallen wird, welche auf einen mehr minder beträchtlichen Bruchteil der Bevölkerung in verschiedenem Maße schwächend einwirken, so daß diese jetzt den frisch eingetroffenen (als Kontagien oder Miasmen erzeugten) spezifischen Infektionserreger nicht den gewohnten Widerstand zu bieten vermögen (Fodor, Cunningham[1]).

Es ist aber auch das möglich, daß Infektionsstoffe erst dann zur Wirkung gelangen, wenn sie im Körper mit hier bereits vorhandenen anderen spezifischen Organismen vereint wirken können, welche in einem gewissen Boden zu gewissen Zeiten reichlich vorhanden sind, von dort die Bevölkerung massenhaft überfallen und auf diese Weise der Seuche die Wege ebnen (Nägeli[2]). (S. weiter unten.)

### d) Erzeugung ektogener Infektionsstoffe außerhalb des Bodens.

Wenngleich es für gewisse Krankheiten unzweifelhaft ist, daß sie nicht oder nicht bloß im tierischen Körper, sondern auch außerhalb desselben entwickelt werden können, so darf man doch nicht einseitig bloß den Boden als den alleinigen Ort der Ektogenese in Anspruch nehmen, wenn er es auch offenbar hauptsächlich sein dürfte. Ein „örtliches“ Medium der Ektogenese kann auch die Wohnung abgeben, weil auch hier solch eine poröse, feuchte, warme, verunreinigte, also zur Züchtung geeignete Oberfläche sich den Infektionserregern darbieten kann, wie sie im Erdboden gegeben ist, und weil die örtlichen und zeitlichen disponierenden Momente auch dort Schwankungen unterworfen sein können. Eine solche Brutstätte kann z. B. auch ein Schiff abgeben; ein anderes örtliche Medium außerhalb des Körpers mag das Wasser von Flüssen, Seen und Brunnen sein, wo unter gewissen örtlichen und zeitlichen Verhältnissen Infektionserreger gezüchtet werden können, oder es kann dies eventuell auch anderwärts (in Nahrungsmitteln) geschehen, welche unter gewissen zeitlichen Bedingungen (Feuchtigkeit, Wärme, Sommer, Herbst) mehr geeignet sind Infektionsstoffe zu konservieren oder zu züchten, als unter anderen Verhältnissen. Man wird daher beim Studium des örtlichen und zeitlichen Verhaltens einer Infektionskrankheit stets auch diese außerhalb des Bodens gelegenen Medien und einerseits deren örtlichen Zusammenhang mit den Bodenverhältnissen (z. B. bei Wohnungen, Wasser), andererseits deren zeitliche Eignung zur Konservierung und Züchtung von Infektionsstoffen berücksichtigen müssen.

### e) Aufgaben der Bodenuntersuchungen für epidemiologische Zwecke.

Wenn man die Beziehungen des Bodens zu gewissen Infektionskrankheiten untersuchen will, würde man beim heutigen Stand unserer Kenntnisse offenbar am richtigsten vorgehen, weil das am ehesten zu positiven und direkten Beweisen führen kann, wenn man am Ort und zur Zeit des Vorherrschens der Seuche die Infektionsstoffe (Bakterien, Miasmen) im oder auf dem Boden thatsächlich aufsuchen und antreffen würde, wie man z. B. an einem von Ergotismus ergriffenen Orte zur Zeit der Epidemie Mutterkorn im dort gewachsenen Getreide, oder

auf der Arbeitsstätte der von Anchylostomiasis ergriffenen Bergleute die Anchylostomen oder deren Eier im oder auf dem Boden wirklich nachweisen kann.

Dies ist bisher nicht geschehen, wenigstens nicht mit der nötigen Exaktheit, und es muß auffallen, daß die Hygiene — Epidemiologie, Bakteriologie — gerade in dieser wichtigsten, direkten Richtung bisher absolut keine oder doch nur kaum in Betracht kommende Untersuchungen aufweisen kann, besonders wenn man erwägt, welchen Aufwand von Arbeitskraft und Mühe diese Disziplinen es sich kosten lassen, um den Einfluß des Bodens auf gewisse Epidemien durch indirekte Beweise zu erhärten. In der Zukunft wird man daher an Orten, wo, und zu Zeiten, wann Typhus, Cholera, Malariafieber vorherrschen, die spezifischen Infektionserreger selbst, und das mit allen zu Gebote stehenden Mitteln zu suchen haben. Ferner ist für die Klärung des Verhältnisses zwischen Boden und Krankheiten auch das Studium gerade jener Provenienzen von Wichtigkeit, welche, aus dem Boden entstammend, die wirksamen, krank machenden Stoffe vom Boden aufnehmen und auf den Menschen übertragen können. Hierher gehört das aus dem Boden stammende Wasser, welches an gewissen Orten zu gewissen Zeiten die Bakterien, Ptomaïne etc. jener Krankheiten im Boden aufnehmen und dem Menschen einverleiben kann, ferner die Grundluft, welche darauf zu untersuchen wäre, ob sie nicht an einzelnen Orten zu bestimmten epidemischen Zeiten der Träger gewisser Stoffe (Bakterien, flüchtige Ptomaïne) ist.

Daß unsere Kenntnisse über die örtlichen und zeitlichen Bodenverhältnisse an verschiedenen Orten, namentlich auch über die bakteriologischen Eigenschaften des Bodens, des Grundwassers und der Grundluft derzeit noch ganz und gar unzulänglich sind, wird durch die voranstehenden Kapitel zur Genüge bewiesen. Unter solchen Verhältnissen muß das Bestreben, die bewußten Bodenmomente mit den en- und epidemischen Krankheiten zu konfrontieren und den kausalen Zusammenhang zwischen denselben klar zu legen, naturgemäß großen Schwierigkeiten begegnen, welche auch aus den folgenden Ausführungen hervorgehen, in welchen ich bestrebt sein werde, die Bodenverhältnisse mit dem örtlichen und zeitlichen Verhalten der wichtigsten en- und epidemischen Krankheiten zu vergleichen, um auf diese Weise das Verhältnis dieser Krankheiten zum Boden zu beleuchten.

## 2. Beziehungen des Bodens zu den Malariafiebern.

### Oertliche Disposition.

Von allen Infektionskrankheiten sind es die Malariafieber, für welche die Epidemiologen den Ursprung aus dem Boden, resp. den Zusammenhang mit diesem am entschiedensten annehmen. Und doch werden wir sofort sehen, daß die angestellten Untersuchungen und ins Feld geführten Beweise auch in dieser Richtung noch sehr lückenhaft und oberflächlich sind.

Das Bestehen einer örtlichen Disposition wird für die Malariafieber aus folgenden Thatsachen abgeleitet. Zunächst sind die Malariafieber an gewissen Orten endemisch und verursachen hier häufige Epidemien, während sie an anderen Orten selbst spo-

radisch nur selten oder überhaupt nicht vorkommen, und noch seltener (nur bei pandemischer Verbreitung) epidemisch werden. In den Arbeiten von Hirsch[3], Boudin[4], Colin[5], Maurogény Pascha[6] u. a. findet man hierüber zahlreiche und bestimmte Angaben.

Die Abhängigkeit dieser örtlichen Disposition vom Boden wird durch den Umstand bewiesen, daß die Malariafieber in den endemischen Gebieten einerseits ohne Rücksicht auf Menschenrasse, Wohlhabenheit, Zustand der Wohnungen, Ernährung, Verkehrsverhältnisse, andererseits thatsächlich in Zusammenhang mit gewissen Bodenzuständen auftreten. Zu letzteren gehören:

α) Die Elevation und Konfiguration des Bodens. Die Malaria nimmt in endemischen Gebieten in dem Maße ab, als der Boden höher liegt, hügelig und abschüssig ist, während sie andererseits bei niederer Lage, besonders in Thälern und Mulden häufiger vorkommt. Und daß hierbei thatsächlich Bodenverhältnisse ausschlaggebend sind, geht daraus hervor, daß bei der Bildung endemischer Gebiete nicht so sehr die Meereshöhe, sondern die im Vergleich zur unmittelbaren Umgebung vertiefte oder muldenförmige Lage entscheidet. So werden die Malariafieber z. B. in Mexiko, im Kaukasus, am Himalaya und in den Anden in Höhen von 2500 und mehr Meter beobachtet, aber auch hier in Thälern und an muldenförmigen Orten (Hirsch).

β) Auch die geologische, resp. petrographische Konstitution des Bodens ist auf die örtliche Verbreitung der Malaria von Einfluß, indem der lehmige, Wasser in hohem Grade bindende Boden dieselbe in viel größerem Maße erzeugt als ein kalkhaltiger oder gar der Sand- und Kiesboden. Der Felsboden (vorausgesetzt, daß er nicht von wasserbindendem Detritus bedeckt ist) ist gleichfalls malariafrei. Es wurde behauptet, daß besonders der eisenhaltige, sowie der von salzigem Seewasser durchtränkte Boden malariaerzeugend wäre; doch kann diese Ansicht gegenüber den widersprechenden Erfahrungen nicht aufrecht gehalten werden. Viele haben auch die chemischen Eigenschaften des Malariabodens untersucht, aber als positives Ergebnis bloß einen Reichtum an vegetabilischen Substanzen gefunden[7].

γ) Unzweifelhaft ist auch der Zusammenhang von Bodenfeuchtigkeit und Malaria. Schon der Umstand, daß sie an Thälern und Mulden haftet, verrät die Vorliebe des Infektionsstoffes für den feuchten Boden, welche durch die Erfahrung weitere Bekräftigung findet, daß die Malariafieber besonders an Orten mit reichlichem und stagnierendem Grundwasser vorherrschen, also auf Ebenen, die an Flüssen und anderen großen Gewässern sich hinziehen, an Orten also, von wo das Grundwasser nicht nur nicht genügend ablaufen kann, sondern noch vom Fluß etc. her gespeist wird, wo es der Oberfläche des Bodens nahe kommt, diese erreicht oder gar übersteigt, und hier Sümpfe bildet, wodurch die oberflächlichen Bodenschichten zu gewissen Zeiten mit hochgradiger Feuchtigkeit erfüllt werden.

Wie wichtig die Rolle des Grundwassers und der hierdurch erzeugten Feuchtigkeit ist, wird durch Fälle erwiesen, in denen man Malariaherde auch auf trockenen Gebieten von wüstenartigem Charakter und ohne sichtliche Sümpfe beobachtet hat, und wo man in der Regel nachweisen konnte, daß unter dem oberflächlichen Sand oder Kies wasserbindende Lehmschichten mit reichlichem Grundwasser sich er-

strecken, so z. B. in der Sologne, an vielen Orten in Algier, namentlich in vielen Orten der Wüste Sahara u. a.

Der krankheitsfördernde Einfluß der Feuchtigkeit wird ferner durch die Thatsache bewiesen, daß die Malaria durch Ueberschwemmungen überaus begünstigt, aber — allen diesen Thatsachen gegenüber — durch alles, was — wie Flußregulierungen, Ableitung oder Tieferlegung des Grundwassers, Kanalisation, Drainage — zur Trockenlegung des Bodens führt, wirksam vermindert wird. Dies hat man auf allen Kontinenten der Erde in unzähligen Gegenden erfahren.

δ) Die Verunreinigung des Bodens, namentlich mit vegetabilischen Stoffen, wirkt ebenfalls erhöhend auf die malariaerzeugenden Eigenschaften einer Lokalität, wogegen diese durch animalische Verunreinigungen im Gegenteil vermindert werden. Ein an niederem Pflanzenleben reicher, humöser, schwarzer Boden ist besonders malariaerzeugend, während kahle, vegetationslose Gebiete mit reinem mineralischen Boden es selbst dann nicht sind, wenn der Boden feucht wäre. In Rom und Umgebung hat man ferner beobachtet, daß die Malaria in dem Maße abnimmt, als man sich dem Inneren der Stadt nähert, und auch von anderen Orten wird erwähnt, daß im Inneren der Ortschaften, wo der Boden mehr mit tierischen Abfallstoffen verunreinigt ist, Malariafieber seltener (aber Typhusfälle häufiger) auftreten als außerhalb der Ortschaft. Endlich gehört bekanntlich die Bearbeitung und Düngung des Bodens unter die wichtigsten Mittel zur Assanierung der Malariagegenden.

## Zeitliche Disposition.

Wie gezeigt wurde, sind die lokalen Bodenverhältnisse, insbesondere wenn sie auf das organische Leben im Boden einzuwirken vermögen, auf das Zustandekommen einer infektiösen Krankheit, der Malariafieber von wesentlichem Einfluß; ein solcher kann auch für gewisse zeitliche Bodenverhältnisse, namentlich für die Schwankungen von Wärme und Feuchtigkeit konstatiert werden.

Die Malariafieber zeigen eine Vorliebe für heiße Klimate, wo sie dann in allen Jahreszeiten vorherrschen und in ihren heftigsten Formen zur Beobachtung kommen; andererseits entwickeln sie sich im kälteren Klima nicht zu En- oder Epidemien, namentlich dort nicht, wo die mittlere Sommertemperatur (Isothere) nicht über 15—16° C. ansteigt (Hirsch). In der gemäßigten Zone sind die Malariafieber von der Jahreszeit in der Weise abhängig, daß sie zur warmen Jahreszeit häufiger, zur kalten seltener epidemisch werden. In Mitteleuropa bilden die Malariaepidemien der warmen Jahreszeit — Ende Sommer, Herbst — das 10—20-fache der zur kalten — Ende Winter, Anfang Frühjahr — auftretenden (Hirsch). Und endlich ist es auch der Wärme zuzuschreiben, daß, während in den heißen Klimaten Malariafieber selbst in bedeutenden Höhen vorherrschen können (so in den Anden etc. bis 2500 m Höhe, s. S. 159), dieselben in Mitteleuropa bloß bis zu einer Elevation von 4—500, und in Italien bis zu 600—1000 m sich entwickeln (Hirsch). Bemerkenswert ist auch, daß das Ansteigen einer Malariaepidemie viel rascher erfolgt als deren Abnahme, analog den im Boden erwähnten Zersetzungsvorgängen (S. 127, 143), welche auch nach einer Ruhepause rasch eintreten und auf die Einwirkung ungünstiger Verhältnisse (Kälte) nur allmählich zurückgehen.

Daß die Wärme allein zur Entwickelung der Malaria nicht genügt, kann man daraus folgern, daß die Malaria in der Sommerhitze nicht nur nicht ihren Höhepunkt erreicht, sondern gerade dann gewöhnlich abnimmt, und erst später, gegen Ende Sommer und Anfangs Herbst kulminiert.

Ein zweiter zeitlicher Faktor ist in den Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit gegeben. Ein ganz trockener, sowie auch der von Wasser gänzlich überflutete Boden erzeugt keine Malaria, sondern ein gewisser mittlerer Feuchtigkeitsgrad des Bodens und besonders der Uebergang von der Trockenheit zur Feuchtigkeit oder im Gegenteil von übermäßiger Feuchtigkeit zur Austrocknung sind als Generatoren der Malaria zu erkennen. Dies wird besonders durch den Einfluß der Regenfälle auf die Malaria illustriert. „In den Malariagegenden der Tropen", schreibt Hirsch[8], „treten die Fieber der Regel nach mit Beginn der Regenzeit auf, nehmen dann mit den reichlicher fallenden Niederschlägen an Extensität und Intensität zu, lassen auf der Höhe und bei sehr starken Regen gewöhnlich nach und erscheinen erst wieder gegen Ende und unmittelbar nach der Regenzeit." Doch hat Hirsch auch für die gemäßigte Zone nachgewiesen, daß die Malaria nach einem auf längere Trockenheit folgenden Regen am heftigsten ausbricht, während übermäßiger Regenfälle abnimmt, ferner in trockeneren Jahren seltener, in feuchten häufiger auftritt.

Genauere Beobachtungen über das Verhalten der Malaria zu den Schwankungen des Grundwassers und der Bodenfeuchtigkeit, sowie zu den übrigen Veränderungen in der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens stehen uns derzeit nicht zur Verfügung.

Die angeführten Daten beweisen einen innigen Zusammenhang zwischen Malaria und gewissen lokalen Bodenverhältnissen sowie deren zeitlichen Modifikationen; dagegen spricht nichts für die Annahme, daß man dieses örtliche und zeitliche Verhalten der Malaria für von etwas anderem als den gedachten Verhältnissen des Bodens müßte bedingt halten.

Es darf aber auch nicht verschwiegen werden, daß es Orte giebt, die für Malaria äußerst disponiert erscheinen, und trotzdem von dieser Krankheit frei sind oder doch unverhältnismäßig milde betroffen werden. Solche sind: manche Gegenden des Rio de la Plata Gebietes in Süd-Amerika (die Pampas) (Hirsch, Mantegazza), die Inseln des Amazonen- (Parana-)Stromes (Bouffier), Neu-Caledonien (Rochas), ferner auch Irland (Oldham) und manche für die Malaria sehr günstig scheinende Gegenden Schwedens (Bergmann)[9]; Aehnliches berichtet Fr. Mühlebach[10] von dem Orte Mühlheim am Bach u. s. f. Die Ursache dieser Immunität ist uns vorläufig unerklärbar, wird aber wahrscheinlich in irgendeiner bisher unbekannten Eigenschaft des Bodens am ehesten zu suchen sein.

Andererseits giebt es Gegenden, welche, nach ihren Bodenverhältnissen zu urteilen, malariafrei erscheinen, und doch überaus malarisch sind: so zunächst die römische Campagna, der Agro Romano, dessen Boden nach Colin nicht nur frei von Sümpfen, sondern geradezu auffallend trocken ist, ferner gewisse hochgelegene Gebiete in Vorder-Indien (Deccan), wo die Malaria unter dem Namen „Hill fever" beobachtet wird, obschon der Boden auch hier nicht nur keine Sümpfe zeigt, sondern trocken ist (Hirsch). Schiavuzzi behauptet, daß

die Malaria auf dem Karstgebirge an hochgelegenen Orten mit steinigem, sumpflosem, trockenem Boden vorherrscht [11].

Demgegenüber müssen wir aber hervorheben, daß die wirklichen Verhältnisse des Bodens durch die gebotenen Daten vielleicht doch nicht klargelegt sind. So hat gleich für den Agro Romano Tommasi-Crudeli [12] nachgewiesen, daß der Boden die Feuchtigkeit wie ein Schwamm aufnimmt und bindet, weshalb derselbe auch gar nicht anders als mit einer „kunikulären Drainage", wie sie die alten Römer in Form unterirdischer Gallerien anlegten, durchlüftet und ausgetrocknet werden kann; die Feuchtigkeit des felsigen Karstbodens hinwieder hat Pettenkofer bei seinen Cholerastudien schon hinlänglich beleuchtet. Daß aber ein feuchter Boden auch ohne eigentliche Sumpfbildung imstande ist Malaria zu erzeugen, haben wir schon oben betont.

Man darf auch nicht vergessen, daß zur Erzeugung von Malariaerkrankungen schon sehr beschränkte Bodenpartien hinreichen. So hat L. Torelli [13] in seinem vortrefflichen Werke hervorgehoben, daß den Eisenbahnen entlang neben Wächterhäusern und Aehnlichem durch Erdaushebungen oder Dämme erzeugte kleine Sümpfe schon zu Malariaherden wurden. Klebs und Tommasi-Crudeli [14] haben sogar darauf hingewiesen, daß, wenn in einem durch Colmatage bedeckten Malariaboden ein Graben gezogen wird, die Malaria sich aufs neue zeigt. Nach einer Behauptung von Salisbury [15] — deren Verläßlichkeit ich nicht zu kontrollieren vermag — hat eine aus einer Malariagegend herstammende Bodenprobe, welche 5 engl. Meilen von dort an einem malariafreien Orte im Zimmer untergebracht war, Malariainfektionen erzeugt. Endlich behaupten viele, daß Botaniker und Blumenfreunde, die Blumen in Töpfen im Zimmer halten, häufig auch an malariafreien Orten Wechselfieber bekommen (Eichwald [16]).

Vielleicht ist auch ein großer Teil der in der Litteratur erwähnten Fälle von Schiffmalaria („malaria nautique") auf diesem Wege zu erklären, wo nachgewiesen werden kann, daß die Schiffe Erde als Ballast mitführten [17]. In anderen Fällen muß man vielleicht annehmen, daß die Malariainfektion noch am Festlande erworben war, aber erst später, infolge einer Gelegenheitsursache am Schiffe zum Ausbruch kam, wie z. B. bei der Epidemie der „Constituante" [18]; doch ist es auch möglich, daß die Malaria unter gewissen Bedingungen im Kielraum des Schiffes, in dem hier faulenden Bilgewasser zur Entwickelung kommt [19].

## Die Malariainfektion.

Wie die Infektionserreger der Malariafieber vom Boden in den menschlichen Körper gelangen, ist noch immer ungeklärt. Das aus dem Malariaboden entstammende Trinkwasser könnte zwar für den Malariastoff des Bodens einen sehr guten Träger abgeben, doch sprechen alle Erfahrungen dafür (s. Kapitel Trinkwasser), daß es als Vermittler der Infektion nicht oder doch äußerst selten und nur ausnahmsweise figuriert. Vielleicht ist der Magen mit seinen desinfizierenden Eigenschaften ein für die Malariaerreger unüberschreitbares Medium.

Eine andere Art der Uebertragung kann in der Zerstäubung an der Oberfläche des Malariabodens und der Einatmung der Staubteilchen bestehen. Thatsächlich ist nachgewiesen, daß der Wind die Malaria auf eine nicht zu große Entfernung entführen kann [20]. Viele Anzeichen

sprechen jedoch dafür, daß bei der Uebertragung der Malaria der Grundluft insbesondere eine wichtige Rolle zukommt. Nach zahlreichen vorliegenden Beobachtungen erfolgen nämlich die Malariainfektionen am häufigsten in der Abend- und Nachluft, und nicht am Tage, obschon die Luft am Tage infolge von Bewegung und Verkehr mehr Staub von der Bodenoberfläche enthält als am Abend und in der Nacht, wo wieder mehr Grundluft in der Atmosphäre enthalten ist (s. oben unter Grundluft). So hat man in Italien die Erfahrung gemacht, daß z. B. ein Spaziergang in den Cascinen zu Florenz, in den römischen Volksgärten am Monte Pincio oder in den Gärten von Ajaccio u. s. w. am Abend oder in der Nacht besonders gefährlich ist [21]. Desgleichen wird auch in den Marschen die Nachtluft für gefahrbringend gehalten [22], ganz abgesehen von den sehr alten Erfahrungen, wonach Schiffer besonders nach einem nächtlichen Aufenthalte auf dem Festlande von Malariafiebern befallen wurden (Lind u. a.).

Man darf aber auch hier nicht übersehen, daß der Abend und die Nacht vielleicht durch die leichtere Erkältung auf die Widerstandskraft der Individuen schwächend einwirken und das Zustandekommen der Malariainfektion auf diesem Wege begünstigen mögen; in diesem Fall würde die Tageszeit bloß eine individuelle Disposition für Malaria erzeugen.

Für die Vermittlerrolle der Grundluft spricht noch die Erfahrung, daß die Infektion besonders Personen bedroht, welche sich in Malariagegenden (Italien und a. a. O.) im Freien nahe zur Oberfläche des Bodens aufhalten, besonders des Nachts, wenn und wo also die Exhalation der Grundluft am reichlichsten stattfindet. Aus diesem Grund hat man in jenen Gegenden die Ortschaften und Häuser schon seit uralten Zeiten an erhöhten Punkten erbaut, und die Leute schlafen nicht in den Erdgeschossen; ferner pflegen Hirten sich aus Balken Gerüste zu konstruieren, auf welchen sie die Nacht in der Höhe zubringen [23]. Doch kann bei alledem wieder auch die Erkältung mitspielen.

Ferner spricht für die Grundluft auch noch die besondere Gefährlichkeit der abgeschlossenen, stagnierenden Luft (in mit Mauern umgebenen Gärten, engen Thälern, auf von Bäumen dicht umsäumten Plätzen), wogegen die freie bewegte Luft, trotzdem sie den Staub von der Bodenoberfläche eher aufwirbelt, weniger Malaria erzeugt.

Auf die Betheiligung der Grundluft wird man noch durch die Erfahrung verwiesen, daß besonders ein Aufgraben des Bodens, durch welches man der Grundluft freie Wege öffnet, bei Arbeitern, Soldaten etc., und sogar bei der in der Nähe wohnenden Bevölkerung Infektionen zu erzeugen imstande ist [24]. So schreibt auch Pietra Santa, daß in Paris, als die Boulevards de Strasbourg, des Malesherbes etc. angelegt wurden, die Malariafieber sich in weitem Umkreise zeigten; desgleichen beobachtete er die Malaria-Erkrankungen beim Bau des Chemin de fer de l' Est unter den Erdarbeitern auffallend häufig. Aehnliches berichtet Wenzel [25] vom Jadegebiet, dann Fokker [26] anläßlich der auf der Insel Walcheren ausgeführten Erdarbeiten, und andere [27].

Die wiederholt hervorgehobene Erfahrung, daß Malariaböden am Tage ferner im Hochsommer sich weniger gefährlich zeigen als des Nachts und im Frühjahre sowie im Herbst, könnte eventuell darin ihre Erklärung erhalten, daß die übermäßige Erhitzung der Bodenoberfläche durch die Insolation am Tage und im Sommer (s. S. 56) die an der

Bodenoberfläche sich befindenden Malariaerreger abtötet, welcher Einwirkung dagegen die unter der Bodenoberfläche gelagerten Organismen entzogen sind und so die Infektion in einer soeben angedeuteten Weise, durch Vermittelung der aus den Boden aufsteigenden Luft hervorrufen.

## Die Malariafieber als Bodenkrankheiten.

Wenn man zu obigen Thatsachen noch hinzurechnet, daß nach allen vorliegenden verläßlichen Erfahrungen Malariakranke mit ihren Entleerungen oder Sekreten die Krankheit noch nie auf Gesunde übertragen haben, so ist man berechtigt, zu konstatieren, daß die Malariafieber Krankheiten sind, deren Infektionserreger nicht durch den Menschen erzeugt und verbreitet werden, sondern an gewissen Orten und zu bestimmten Zeiten außerhalb des menschlichen Körpers, namentlich vorwigend, wenn nicht ausschließlich im Boden entstehen. Die Malariafieber sind also rein miasmatische Krankheiten.

In gleicher Weise kann man auf Grund der bisherigen Erfahrungen ausschließen, daß die Malaria durch den Verkehr malariakranker Menschen fortgetragen, verschleppt und ausgestreut würde. Auch von den Se- und Exkreten der Malariakranken vermag keines Menschen oder Orte zu infizieren. Das Malariamiasma ist also in der Regel fix und nicht verschleppbar.

Daß aber gewisse Produkte der Malariaörtlichkeit, wenn sie durch Winde oder andere Vermittler fortgeführt werden, imstande sind gewisse andere Orte zu besäen oder einzuimpfen, wenn diese gerade auch zeitlich disponiert sind, kann nicht geleugnet werden. Im Gegenteil würde die zeitweilige Ausbreitung der Malariagebiete und das folgende Aufhören der Malariaerkrankungen auf den neu ergriffenen Orten dafür sprechen, und im selben Sinne sind auch die zeitweiligen Malaria-Pandemien zu deuten (Bergmann).

## Der Malariaboden.

Frägt man aber zuletzt, ob wir imstande sind, auf Grund einer Untersuchung des Bodens zu entscheiden, ob ein gewisser Boden zu einer gegebenen Zeit Malaria erzeugt oder nicht, so wird die Antwort leider im allgemeinen verneinend ausfallen. Bisher sind uns Kennzeichen im Boden oder anderwärts nicht bekannt, aus welchen der malarische oder malariafreie Charakter des Bodens mit Sicherheit zu erkennen wäre. Doch wird man bei Vorhandensein der im Obigen dargelegten örtlich und zeitlich disponierenden Bodenmomente mit Wahrscheinlichkeit folgern dürfen, daß eine örtliche Disposition besteht und daß der Zeitpunkt für Malaria günstig ist.

Um das Verhältnis von Boden und Malaria zu einander in der Zukunft gründlicher zu studieren und begreifen zu können, bedarf es weiterer genauerer und eingehenderer Bodenuntersuchungen. Als eine Vorbedingung des günstigen Erfolges dieser Untersuchungen wäre am erwünschtesten, wenn die Infektionserreger der Malariafieber außerhalb des menschlichen Körpers bekannt und in den Kreis der Untersuchung einbeziehbar wären. — Da es hinsichtlich der Malariabacillen von Klebs und Tommasi-Crudeli mehr als zweifelhaft geworden ist, ob

dieselben überhaupt etwas mit der Malaria zu schaffen haben, so will ich in eine Erörterung der auf das Verhalten dieser Bacillen zum Boden bezüglichen Angaben gar nicht eingehen. Die von Laveran, Marchiafava und Celli gefundenen Malariaplasmodien sind außerhalb des menschlichen Körpers unbekannt und derzeit nicht zu züchten, weshalb auch ihre Beziehungen zum Boden jetzt noch nicht erörtert werden kann.

## 3. Beziehungen des Bodens zum Gelbfieber.

Das Gelbfieber zeigt in vielen Beziehungen das nämliche Verhalten zum Boden wie die Malariafieber, aber in manchen anderen und gerade sehr interessanten und wichtigen Punkten ein ganz verschiedenes.

Die Uebereinstimmung besteht darin, daß auch das Gelbfieber an gewissen Orten und zu gewissen Zeiten vorherrscht, — der Gegensatz hingegen darin, daß der Infektionsstoff des Gelbfiebers nicht fix, sondern verschleppbar, volatil (nach alter Nomenklatur) ist.

### Oertliche Disposition.

Hinsichtlich der örtlichen Disposition tritt die im Vergleich zur Malaria enge Begrenztheit desjenigen Gebietes, auf welches das en- und epidemische Vorherrschen des Gelbfiebers beschränkt ist, am prägnantesten hervor. Als Endemie ist diese Krankheit an den Golf von Mexiko und die Nachbargebiete gebunden, und auch als Epidemie wird sie in Amerika vom 32° n. Br. bis zum 22° s. Br., und in Afrika zwischen dem 5. und 14° n. Br., überall an der Meeresküste und den Ufergebieten großer Ströme beobachtet (Pettenkofer)[28]. Nur ausnahmsweise hat man diese Krankheit als Epidemie auch anderwärts, namentlich auch im südlichsten Teil von Europa, in Süd-Spanien auftreten sehen; doch haben sich einige Fälle auch etwas nördlicher (in französischen und italienischen Häfen), aber bloß an vom Süden auf Schiffen angelangten Personen und seltener an solchen, die mit den Schiffen in Berührung traten, gezeigt (Hirsch).

Bei Betrachtung der Oertlichkeit lassen sich also schon zwei entscheidende Momente erkennen, nämlich die Temperatur und die Feuchtigkeit, welche entschieden auf den Boden als den Ursprung der lokalen Disposition verweisen. Dabei bleibt immerhin unerklärt, warum das Gelbfieber sich nicht auf alle warmen und feuchten Länder entlang dem Aequator ausbreitet, namentlich nicht auf solche, in denen die Verhältnisse von Boden, Temperatur und Feuchtigkeit mit den im mexikanischen Meerbusen bestehenden übereinstimmen. Solcher Orte giebt es aber sehr viele, z. B. Vorderindien, die Heimat der Cholera, ferner Ostafrika, Hinterindien, China und die Inseln im Indischen Ocean. An der Menschenrasse kann es nicht liegen, weil die weiße Rasse, welche im endemischen Gebiet des Gelbfiebers der Krankheit besonders unterworfen ist, alle die erwähnten übrigen Gebiete gleichfalls bewohnt. Noch weniger kann man an etwas Spezifisches in den Ernährungs-, Kleidungs-, Wohnungs- und Lebensverhältnissen des endemischen Gebietes denken. Sollte die Ursache vielleicht im mangelnden Verkehr liegen, welcher von den endemischen und den eventuell epidemisch gewordenen Gebieten nach den übrigen tropischen Gegenden

nur in beschränktem Maße besteht? Oder sollte der endemisch ergriffene Boden etwas Spezifisches enthalten, was anderwärts nicht oder selbst in den zu Epidemien disponierten Orten nur in einer geringen Menge vorhanden ist, die rasch verbraucht wird und zu einer endemischen Ansiedelung der Krankheit nicht ausreicht? Die Erscheinung ist unerklärbar und um so interessanter, als sie auch für die Cholera ganz in der nämlichen Weise besteht. Auch diese ist bloß auf einem beschränkten Gebiete endemisch vorherrschend, und obschon sie auf die mit den indischen ähnlichen Gebiete Amerikas wiederholt verschleppt wurde und hier Epidemien verursachte, konnte sie sich bisher doch nicht endemisch festsetzen.

Es kann aber hinter dieser Erscheinung ein ähnliches Naturrätsel verborgen sein wie dasjenige, welches bewirkt, daß Tokajer Weinstöcke in alle Weltteile verpflanzt und hier mit Sorgfalt gepflegt werden, und doch nirgends den guten Wein liefern wie in Tokaj in Ungarn; zwar pflegen die Stöcke wohl auch anderwärts reichlich zu tragen, und die ersten wenigen Ernten sind auch dem Tokajer Wein ähnlich; doch pflegen die Pflanzen alsbald zu degenerieren, und der Wein nimmt anstatt des Charakters des Tokajers jenen der betreffenden Weinbauorte an. Die spezifische Ursache muß also an die Oertlichkeit, an den Boden (und das Klima?) und nicht an den Weinstock gebunden sein.

Das Gelbfieber läßt sowohl auf dem endemischen, als auf dem epidemischen Gebiete noch mehrere Eigenschaften erkennen, welche entschieden auf den Boden als den Regulator des en- und epidemischen Auftretens hinweisen, sodaß Hirsch mit Recht den folgenden Satz aufstellen konnte: „Von sämtlichen Infektionskrankheiten erscheint keine in ihrem Vorkommen so sehr an bestimmte örtliche Verhältnisse geknüpft, als Gelbfieber“[29]. Und als solche örtliche Verhältnisse erwähnt er, daß die Krankheit, wenn auch nicht ausschließlich, doch vorwiegend an Meeresküsten, an die Ufer großer schiffbarer Flüsse gebunden ist, daß sie sich meist auf die Ebene beschränkt zeigt, fast ausschließlich in volkreichen Städten, auch hier in den schmutzigsten Quartieren und sogar in einzelnen schmutzigen Häusern vorherrscht.

Das örtliche Gebundensein des Gelbfiebers wird von Brendel[30] sehr gut illustriert, indem er bei Beschreibung des Gelbfiebers zu Montevideo die Krankheit mit einer Hochwassergefahr vergleicht, bei welcher die in den tiefgelegenen Stadtteilen wohnenden Personen Tod und Verderben zum Opfer fallen, während die höher Wohnenden dem Ganzen wie einem harmlosen Naturereignis ohne eigene Gefährdung zusehen.

Ob zur Entwickelung einer Gelbfieberepidemie außer Feuchtigkeit, Schmutz und Wärme des Bodens noch irgendwelche spezifische Eigenschaften desselben unentbehrlich sind, läßt sich derzeit überhaupt nicht nachweisen; die Beobachtungen sprechen für keinerlei Spezificität des Bodens und zeigen sogar, daß der Infektionsstoff dieser Krankheit auch ohne Boden zu gedeihen und sich zu entwickeln vermag. Dies wird namentlich durch die Schiffsepidemien bewiesen.

Besonders lehrreich ist die Beobachtung, daß auf Schiffen mit fauligem Bilgewasser oder mit verunreinigter Erde als Ballast Malariafieber nur ganz ausnahmsweise, Gelbfieber aber viel häufiger vorkommt. Eine Kajüte, ein Deck, oder eine Seite des Schiffes, schreibt Hirsch, kann zum ausschließlichen Schauplatz der Seuche werden, und zwar

dann, wenn sie verunreinigt und warm ist. Darum bleiben auf den Schiffen die Offiziere und Passagiere vom Gelbfieber in der Regel verschont, während die Matrosen und alle, die in diesen Lokalen verkehren, darunter zu leiden haben. Auch in Häfen geschieht es häufig, daß das Gelbfieber auf unreine Schiffe übergreift, während die übrigen Schiffe und der ganze Hafen verschont bleiben. Ferner pflegen die mit der Bemannung solcher Schiffe in Berührung tretenden Personen nicht zu erkranken, während diejenigen, die auf dem Schiffe, resp. in dessen infizierten Teilen verkehrt haben, von der Krankheit befallen werden [31].

Das Gelbfieber ist also von örtlichen Bedingungen abhängig, zu welchen in erster Reihe die örtlichen Bodenverhältnisse gehören; doch können außer dem Boden im beschränkteren Maße auch andere Orte — Schiffe, Wohnungen — Entstehungsherde des Gelbfiebers werden, wenn in denselben, wie im Boden, Unreinigkeit, Feuchtigkeit und Wärme gegeben sind.

## Zeitliche Disposition.

Die zeitliche Disposition ist für das Gelbfieber ebenso bestimmt nachweisbar, wie für die Malariafieber, und sogar noch bestimmter — namentlich der Einfluß von Temperatur und Feuchtigkeit. Gelbfieberepidemien können sich nicht ausbreiten oder hören auf, wenn die Temperatur unter 20° C. steht; mit steigender Temperatur nimmt auch die Epidemie zu, mit der Abkühlung aber fällt sie ab. Besonders lehrreich ist die Beobachtung, daß das Gelbfieber auf Schiffen aufhört, sobald diese höhere (kältere) Breitegrade erreichen, bei der Rückkehr unter südlichere Breiten aber wieder auftritt [32]. Die Bedeutung der Feuchtigkeit wird aber dadurch bewiesen, daß auch die Gelbfieberepidemien bei nach Trockenheit eintretenden Regenfällen, resp. nach dem Aufhören von letzteren, mit zunehmender Austrocknung sich zeigen, dagegen bei trockenem Wetter oder übermäßigen Niederschlägen aufhören; man muß also *die Gelbfieberepidemien für offenbar von gewissen zeitlichen Durchfeuchtungsverhältnissen des Bodens wesentlich abhängig halten.*

Auf einen Kausalnexus mit dem Boden verweisen ferner Erfahrungen, wonach ein *Aufwühlen oder Aufgraben* des Bodens bei Anlage von Kanälen, Straßen, Dämmen etc. dieser Krankheit ebenso förderlich ist wie den Malariafiebern [33], woraus mit Wahrscheinlichkeit hervorgeht, daß die Infektion durch den zerstäubten Boden, resp. durch die Grundluft vermittelt wird.

Nach alledem werden wir die *miasmatische Entstehung* und den Zusammenhang mit Bodenverhältnissen beim Gelbfieber für ebenso unzweifelhaft halten wie bei den Malariafiebern. Doch muß hinsichtlich des Infektionsstoffes der Unterschied bestehen, daß das Gelbfieber *verschleppbar* ist, wofür die in den Spuren der aus en- oder epidemischen Orten eintreffenden Schiffe auftretenden Epidemien als unbezweifelbare Beweise dienen. Fraglich bleibt nur, ob bei solchen Verschleppungen dem Boden eine Rolle zukommt oder nicht, ob der Infektionsstoff bei der Verschleppung im Boden oder sonst wo reproduziert, oder bloß von den zugereisten angesteckten Personen, durch ihre Exkrete u. s. w. verbreitet wird.

Wenn man sieht, wie die eintreffenden Schiffe oft allein infiziert bleiben, und die Erkrankungen sich auf Personen beschränken, welche

das Schiff betreten haben, dagegen andere, die mit den ausgeschifften Kranken in Spitälern oder Privatwohnungen in Berührung waren, verschont bleiben, — wenn man ferner sieht, daß die Epidemie, wenn sie vom Schiffe ausgeht, zwar verbreitet wird, sich jedoch auf das örtlich und zeitlich disponierte Gebiet beschränkt, auf die Bevölkerung anderer Gebiete, deren Boden nicht disponiert ist, auch selbst bei noch so regem Verkehr nicht hinübergreift, so muß man annehmen, daß ein Miasma verschleppt wurde, welches, wenn Ort und Zeit günstig sind, wieder Miasma erzeugt.

Doch muß auch hervorgehoben werden, daß bei der Verschleppung des Gelbfiebers die Reproduktion des Infektionsstoffes nicht bloß durch den Boden stattfinden mag, da — wie schon weiter oben angegeben — wiederholt Fälle beobachtet wurden, wo die Krankheit von den anlangenden infizierten Schiffen auf andere im Hafen befindliche Schiffe übertragen wurde, und in diesen Seuchennester entstanden, während der Hafenort selbst von der Krankheit verschont blieb.

Die Uebertragung des Infektionsstoffes von den angelangten Schiffen auf das Ufer und dessen Einimpfung in Menschen oder in Gegenstände kann durch aus dem Körper der Schiffsleute herstammende Sekrete oder durch andere Gegenstände vermittelt werden, an welchen auf dem infizierten Schiffe irgend ein züchtbarer Infektionsstoff haften geblieben ist. Möglicherweise kann solch ein Sekret oder ein infizierter Gegenstand zwar aus sich selbst einzelne Erkrankungen verursachen, aber ohne Reproduktion und miasmatische Vermehrung Epidemien nicht erzeugen, weil, wie bekannt, ein mit seinen Se- und Exkreten und Kleidern weiter reisender Kranker an solchen Orten und zu solchen Zeiten eine Epidemie nicht verursacht, wo es zwar Menschen genug giebt, die hätten infiziert werden können, wo aber der zur Reproduktion des Miasmas günstige Ort und Zeitpunkt fehlt.

Das Gelbfieber ist also eine verschleppbare miasmatische Krankheit. Leider ist uns dieses verschleppbare Miasma bisher nicht sicher bekannt, weshalb auch ein direktes Studium des Zusammenhanges dieser miasmatischen Krankheit mit dem Boden und mit dessen zeitlichen und örtlichen Verhältnissen nicht thunlich erscheint.

## 4. Beziehungen des Bodens zur Cholera.

Das Studium der Beziehungen der Cholera zum Boden wird durch die Untersuchungen über das Verhalten der Malariakrankheiten und des Gelbfiebers zum Boden überaus erleichtert, weil dadurch die Verwandtschaft dieser Krankheiten zu einander und der allmähliche Uebergang von der einen zur anderen hinsichtlich ihres Verhaltens zum Boden, von den Malariafiebern als fixen und exklusiven Bodenkrankheiten über das nicht exklusive und verschleppbare Gelbfieber zu der noch minder exklusiv vom Boden abhängigen und gleichzeitig noch mehr verschleppbaren Cholera klar und deutlich hervortritt.

Die Abhängigkeit der Cholera von gewissen örtlichen und zeitlichen Momenten wird schon seit langem von vielen Aerzten behauptet. Am eingehendsten und mit einer wahrhaft bewunderungswürdigen Unermüdlichkeit und Ausdauer hat Pettenkofer diese Frage studiert und durch seine umfassenden und in alle Details eindringenden Untersuchungen zahlreiche positive Daten zusammengetragen, diese auf natur-

wissenschaftlicher Grundlage kritisiert und hierdurch — wie immer auch die endgiltige Entscheidung über das Verhältnis der Cholera zum Boden lauten möge — in der Cholerahygiene sich und seiner Schule ebenso dauernde Verdienste erworben wie der andere grundlegende Forscher, der Entdecker der Choleraerreger, Robert Koch.

Nach der Pettenkofer'schen Ansicht wird der Infektionsstoff der Cholera nicht im kranken Menschenkörper gebildet und nicht durch Absonderungen und Entleerungen der Kranken verbreitet, sondern in örtlich und zeitlich disponierten Orten außerhalb des menschlichen Körpers produziert und von hier auf die dort wohnenden Menschen ausgestreut: gerade so wie die Malaria, nur mit dem Unterschied, daß, während dafür keine Erfahrungen vorliegen, daß der Infektionsstoff der Malaria von Malariaorten auf andere verschleppt und verimpft und auf diese Weise auch hier eine Malariaepidemie erzeugt werden könnte, die Infektionserreger der Cholera durch Personen, welche aus verseuchten Orten eintreffen, (mit ihren Entleerungen, Kleidungsstücken etc.) oder Gegenständen auch auf andere Orte übertragen werden können. Die Infektionsträger vermögen, wenn die Oertlichkeit sowohl lokal als auch zeitlich für Cholera disponiert ist, sich hier festzusetzen, zu vermehren und zu einer Ausbreitung der Cholera zu führen. Ist hingegen der neue Ort örtlich oder zeitlich für Cholera nicht disponiert, so wird der eingeschleppte Cholerastoff höchstens ein, zwei Ansteckungen verursachen, nämlich so viel, als der fertig mitgebrachte und am Ueberträger haftende Infektionsstoff ausreicht, — Epidemien aber, d. h. zahlreichere Erkrankungen wird der eingeschleppte Stoff nicht verursachen; hierzu bedarf es einer Reproduktion und Vermehrung desselben im Boden. Kurz, nach Pettenkofer ist die Cholera eine verschleppbare miasmatische Krankheit, zu deren epidemischer Ausbreitung gewisse Zustände und eine Mitwirkung des Bodens als unerläßliche Bedingungen gehören.

Als Beweis hierfür verweist Pettenkofer auf die Thatsache, daß die epidemische Verbreitung der Cholera örtlich und zeitlich nicht von der Berührung der Menschen mit Cholerakranken, nicht vom Verkehr zwischen verseuchten und unergriffenen Lokalitäten abhängt, und nicht in dem Maße, als diese Faktoren bestehen, sondern thatsächlich mit anderen örtlichen und zeitlichen Bodenverhältnissen parallel stattfindet [34].

## Die örtliche Verbreitung der Cholera und der Boden.

Die auffallendste Erscheinung in der Verbreitung der Cholera ist die Beschränkung ihres endemischen Vorherrschens auf ein bestimmtes enges Gebiet, worin sie mit dem Gelbfieber übereinstimmt.

Und wieder sind es tropisches Klima und feuchte Küsten- und Flußgebiete, wo die Cholera ihre eigentliche Heimat hat: Ost-Indien und die angrenzenden Gebiete. An anderen Orten kommt sie bloß nach Einschleppung aus ersteren zur Entwickelung. Diese Erscheinung kann derzeit ebensowenig erklärt werden, wie das analoge Verhalten des Gelbfiebers. Menschenrasse, Gebräuche, klimatische Verhältnisse, Ernährung, Wohnung können alle kaum in Betracht kommen, und bei der Cholera kann man nicht einmal den Mangel an Verkehr oder eine seltene Verschleppung des Infektionsstoffes in Anspruch nehmen, da die Cholera

doch zu wiederholten Malen auf andere tropische Gegenden, z. B. nach Westindien verschleppt wurde, ohne sich hier festzusetzen. Trotzdem scheint eine Acclimatisierung allmählich und mit der Zeit doch einzutreffen; so zeigt die Krankheit sich in Japan jetzt schon jedes Jahr, auch ohne neue Einschleppung; hier ist sie also bereits acclimatisiert[35]. Ob wohl die in Rußland wiederholt, in Südfrankreich und anderwärts aber in neuerer Zeit beobachtete lange Dauer und Latenz der Cholera nicht als Acclimatisation zu deuten ist?

Durch das endemische Vorkommen der Cholera in Indien wird man zunächst auf den Gedanken gebracht, daß im Boden von Indien etwas Spezifisches vorhanden sein könnte — so wie auch die spezifische Ursache des Tokajer-Bouquets im Boden von Tokaj, welcher ventuell spezifische Gährungspilze produziert, und nicht in den Reben enthalten sein muß — wodurch die Cholerakeime erhalten werden, während sie an anderen Orten, wo dieses Specificum fehlt, zu Grunde gehen. Doch ist es auch möglich, daß an anderen tropischen Orten infolge der weniger dichten Bevölkerung und der geringeren Ausbreitung der Choleraepidemien die Cholerakeime nicht in jener reichlichen Anzahl vorhanden sind, deren es bei der geringen Lebensfähigkeit und dem raschem Absterben dieser Infektionserreger bedarf, um dieselben trotz aller nachteiligen Einflüsse am Leben zu erhalten und sie mit der günstigeren Gestaltung der Verhältnisse zu neuer Vermehrung zu befähigen. Bekanntlich geschieht es ja auch in Indien, daß die Cholera zuweilen beinahe ganz ausstirbt, und daß es erst nach einer längeren Zeit zu einer so allgemeinen Reproduktion der Keime kommt, daß Epidemien entstehen.

Infolge dieser Beschränkung auf Indien wird man also eine spezifische Rolle des Bodens gegenüber der Cholera als möglich erachten, aber nicht als unerläßlich, und namentlich noch nicht als bewiesen.

Eine andere auffallende Erscheinung ist die, daß die Cholera gewisse Gegenden, Städte, Stadtteile und Häuser selten oder nur in sehr mildem Grade ergreift, andere dagegen häufiger und heftiger, sodaß die Einwohner in gewissen Gegenden, Ortschaften, Ortsteilen und Häusern gleichsam disponiert für Choleraepidemien sind, andere sich mehr minder immun zeigen. Dies wird aus einer allgemeinen Uebersicht der geographischen Verbreitung der Cholera klar und deutlich hervorgehen.

Bekanntlich werden in Indien selbst die Ebenen an den großen Flüssen von der Cholera epidemisch ergriffen, die Gebirgsgegenden aber sind immun; und auch in Europa haben die Schweiz, das südöstliche Frankreich, Südwest-Deutschland von der Cholera auffallend wenig zu leiden, dagegen die angrenzenden Landesteile, dann z. B. Rußland, Polen, Galicien, Norddeutschland, Ungarn viel mehr[36]. Doch wollen wir dies an einigen Beispielen noch weiter ausführen.

In Indien betrug die jährliche Choleramortalität von 1871—1882 nach Distrikten, auf 100000 Einwohner berechnet[37]:

| | |
|---|---|
| Centraldistrikte des endemischen Gebietes | 180,8 |
| Westliche Distrikte der Präs. Bombay | 134,2 |
| Distrikte zwischen dem endemischen und epidemischen Gebiete | 112,5 |
| Westliche Distrikte des Pandschab (Pundjab) | 22,6 |
| Distrikt Multan in Pandschab, ca. | 0,6 |

Der Distrikt Multan kann im Vergleich zu den übrigen immun ge-

nannt werden, und das ganze Pundjab hat überhaupt auffallend weniger von der Cholera zu leiden, als die benachbarten Distrikte.

Für besonders cholerafrei hat man in Indien, nach J. M. Cunningham[38], die sogenannten Hügelstationen, z. B. jene von Mussuri erkannt. Derselbe Autor behauptet auch, daß die in der Nähe von Calcutta gelegenen Adamaneninseln, trotz des unausgesetzten Verkehrs mit dieser Stadt, frei von Cholera sind.

In Bayern waren während aller von 1836—1874 vorgekommenen Epidemien in den einzelnen Regierungsbezirken von der Gesamtbevölkerung pro 100000 an Cholera gestorben[39]:

| | |
|---|---|
| Oberbayern | 1041 |
| Schwabach und Neuburg | 358 |
| Unterfranken-Aschaffenburg | 130 |
| Mittelfranken | 85 |
| Pfalz | 67 |
| Niederbayern | 60 |
| Oberpfalz und Regensburg | 17 |
| Oberfranken | 14 |

Der Unterschied zwischen Oberbayern und Niederbayern oder Oberfranken ist so groß (18-, resp. 80-fach), daß man letzteren Regierungsbezirk füglich als immun bezeichnen kann.

In den einzelnen Provinzen Preußens waren von 1848—1859 an Cholera jährlich pro 100000 Einwohner verstorben:

| | | |
|---|---|---|
| | Prov. Posen | 198,3 |
| | „ Preufsen | 182,2 |
| dagegen: | | |
| | „ Westfalen | 5,4 |
| | „ Rheinland | 16,2 |

Der Unterschied zwischen den einzelnen Provinzen ist so groß, daß man ihn gewiß nicht einem Zufall zuschreiben kann.

In Sachsen waren während der von 1836—1873 vorgekommenen 6 Choleraepidemien während einer jeden Epidemie von 100000 Einwohnern verstorben:

| | |
|---|---|
| Regierungsbezirk Leipzig | 155,8 |
| „ Dresden | 28,0 |

Auch hier ist der Unterschied zwischen den benachbarten zwei volkreichen und industriellen Bezirken überraschend. Ueberhaupt blieben die Choleraepidemien in Sachsen von 1836—1873 bloß auf zwei größere und einen kleineren Herd beschränkt, während das übrige Land konstant eine auffallende Immunität bewahrte (Reinhard)[40].

Im Regierungsbezirk Oppeln waren während der Jahre 1848—1859, dann von 1831—1874 in den einzelnen Kreisen von 10000 Einwohnern insgesamt gestorben:

| | Kreis | 1848—1859 | 1831—1847 und 1860—1874 |
|---|---|---|---|
| | Rybnik | 1,12 | 2,65 |
| | Lublinitz | 7,30 | 3,46 |
| | Plefs | 8,42 | 5,39 |
| dagegen: | | | |
| | Ratibor | 38,92 | 28,33 |
| | Neifse | 38,67 | 29,75 |
| | Gleiwitz | 28,65 | 25,30 |

Also auch nach so langen Zeiträumen wurden gewisse Kreise stets milder, andere hingegen viel häufiger und heftiger heimgesucht[41].

Noch auffallender und lehrreicher ist aber die Immunität vieler volkreicher Städte und Stadtteile. Hierher gehört z. B. Lyon[42]. In dieser volkreichen, industriellen Stadt, die an der regsten Verkehrsstraße zwischen Paris und Marseille liegt, ist in der Choleraperiode 1832—1835 nicht ein einziger Cholerafall vorgekommen, trotzdem daß die Seuche sowohl in Paris als in Marseille heftig grassierte. In 1849 hatte Paris wieder eine heftige Choleraepidemie; in Lyon waren im Militärspitale thatsächlich einige Personen an der Cholera erkrankt, doch blieb die Stadt selbst auch diesmal von der Seuche verschont. In 1850 hatte Marseille eine heftige Choleraepidemie, Lyon wieder keinen einzigen Fall. In 1854 war die Cholera in Südfrankreich epidemisch und entwickelte sich diesmal auch in Lyon zur Epidemie, indem von der circa 300000 Seelen betragenden Bevölkerung von Juli bis November 525 an Cholera verstarben; doch war die Krankheit nach Pettenkofer's Darstellung auffallend auf gewisse Stadtteile (Guillottière) beschränkt und ließ andere, z. B. auch die dichte Arbeiterbevölkerung von Croix-rousse unberührt. In 1855 hatte Marseille viel Cholera (1300 Tote), Lyon nur wenig (nicht einmal 100 Todesfälle). In 1865 ist die Cholera wieder sowohl in Paris als in Marseille epidemisch, Lyon hat aber alles in allem bloß 18 Todesfälle. In 1866 gab es in Lyon einige Cholerafälle unter den Packträgern der Bahnstation, aber zur Epidemie steigerte sich die Krankheit nicht. In 1873 war Südfrankreich von der Cholera wieder epidemisch ergriffen, Lyon blieb auch diesmal immun. Endlich wurden in 1884, als Südfrankreich von der Cholera heftig zu leiden hatte, in Lyon nur 27 Cholerafälle über das ganze Stadtgebiet zerstreut beobachtet; zu einer Epidemie kam es auch diesmal nicht.

Diese Choleragescbichte einer großen Stadt muß auffallen und zwingt uns anzuerkennen, daß dort etwas von Paris, Marseille und von den übrigen Städten Abweichendes vorhanden sein müsse, was den Infektionsstoff der Cholera trotz der ununterbrochenen Einschleppung an einer größeren Verbreitung hindert. Dieses Etwas kann nicht in der Individualität der Lyonesen gelegen sein, da auch die zahlreichen fremden Choleraflüchtlinge, die zu epidemischen Zeiten in Lyon zusammenströmen, von der Epidemie verschont bleiben; ferner kann es nicht in Wohnungs-, Ernährungs- und Wohlhabenheitsverhältnissen gelegen sein, weil diese von den z. B. in Marseille obwaltenden nicht wesentlich abweichen, und auch nicht im Trinkwasser, welches gerade in Lyon schlecht ist[43] (bis 1859 verunreinigtes Brunnenwasser, seit 1859 filtriertes Rhonewasser). Es verbleibt mithin als einzige Möglichkeit, die Ursache der Immunität mit Pettenkofer auf örtliche, namentlich auf Bodenverhältnisse zurückzuführen, obschon, wie Koch erwähnt, in Lyon die Sitte besteht, die Wäsche auf Barken in der Rhone, und nicht in den Häusern zu waschen, infolgedessen die Verschleppung der Infektionsstoffe geringer sein wird, als anderwärts[44]. Doch kann auch hierin die Ursache der Immunität offenbar kaum gelegen sein, weil ja auch in Paris in dieser Weise gewaschen wird und diese Stadt doch nicht immun ist.

Außer von Lyon wird eine mehr oder minder ausgesprochene Immunität noch von vielen anderen Städten behauptet[45], so z. B. von Frankfurt a. M., Würzburg, Stuttgart, Hannover, Innsbruck, Salzburg,

Fürth, Versailles, Rouen, Sedan, Cheltenham, Olmütz, Gödöllö, Peterhof u. v. a. (um bloß die häufiger citierten zu erwähnen), ferner auch von einzelnen Stadtteilen, im Vergleich zu den übrigen, wie für Lyon bereits erwähnt worden; so hat auch in Nürnberg die Sebalder Seite im Jahre 1854 eine heftige Epidemie gehabt, die Lorenzer Seite und Fürth blieben dagegen sowohl diesmal, als in den übrigen Cholerajahren immun (Pettenkofer)[46]. Auch in Budapest tritt die Cholera ein jedesmal in den inneren Stadtteilen viel gelinder auf, als in den Vorstädten, namentlich auf dem vormals durch einen Donauarm durchzogenen, jetzt angeschütteten halbkreisförmigen Terrain der letzteren[47]. Eine sehr auffallende Erscheinung, die für die Abhängigkeit der Cholera von lokalen Verhältnissen spricht, ist die an vielen Orten gemachte Beobachtung, daß die Cholera auch nach längeren Intervallen neuerdings in denselben Straßen, ja sogar in denselben Häusern ausbricht und heftig vorherrscht, so z. B. in Speyer in 1866 und 1873 (Pettenkofer)[48], in Wien in 1831 und 1855 (Suess)[49] und in München (Pettenkofer)[50].

Man kann also aus alledem schließen, daß einzelne Länder, Gegenden, Städte und Stadtteile thatsächlich von der Cholera überhaupt weniger ergriffen werden, als andere. Hieraus geht ferner hervor, daß die Cholera nicht bloß von den in den Entleerungen enthaltenen Keimen und deren Verbreitung durch den Verkehr abhängig sein kann, sondern daß diese Keime auch außerhalb des menschlichen Körpers ein gewisses Schicksal erfahren müssen, und daß es ein oder mehrere örtliche Faktoren geben müsse, durch welche die Vermehrung oder Virulenz der Keime gefördert oder behindert wird.

Doch darf man die erörterte Immunität nicht überschätzen und nicht glauben, daß die Cholera an gewissen Orten überhaupt nicht imstande wäre, Wurzel zu fassen. Absolut immune Orte giebt es eigentlich nicht, überall hat man durch die eingeschleppten Keime auch die ansässige Bevölkerung ergriffen werden gesehen, selbst in Lyon; der Unterschied beschränkt sich bloß auf das Erkrankungsverhältnis. An manchen Orten hat die Cholera viel geringere Chancen zur Ausbreitung, als an anderen. Man darf auch nicht vergessen, daß die Mehrzahl der Orte, wie auch der Menschen, selbst zu epidemischen Zeiten der Einwirkung der Cholerakeime überhaupt widersteht. So wie selbst während der schwersten Epidemien an den epidemisch ergriffenen Orten von 100 Einwohnern 90 und mehr auch ohne besondere Vorsichtsmaßregeln der Cholera entgehen, und nur einzelne, die der Infektion ausgesetzten oder noch eher die irgendwie disponierten, ergriffen werden: so sieht man auch von 100 Ortschaften die meisten von einer Epidemie verschont bleiben, und nur wenige, die besonders exponierten oder disponierten, ergriffen werden. So blieb z. B. in Indien während der heftigen Cholera des Jahres 1882 selbst in den epidemisch heimgesuchten Distrikten die Mehrzahl der Gemeinden, namentlich im Distrikte Lacknau (Luknow) 79,2 Proz., im Distrikte Bara-Banki sogar 86,3 Proz. aller Ortschaften ohne Epidemie[51].

Diese Beobachtung wird übrigens auch in Europa allgemein gemacht. Gruber berichtet von der österreichischen Cholera in 1885/86, daß die Seuche in der Umgebung von Triest alles in allem in 119 Ortschaften auftrat, von welchen aber 51 bloß je einen Fall aufwiesen, und daß es nur in 32 Gemeinden zu einer epidemischen Entwickelung kam[52].

Wenn man weiter die Verbreitung der Cholera in einzelnen Städten verfolgt, so ist es eine ganz gewöhnliche Erscheinung, daß die Seuche sich nicht gleichmäßig über die ganze Stadt, sondern bloß auf einzelne Teile derselben ausbreitet, und daß die überwiegende Mehrzahl der ergriffenen Häuser inmitten der Epidemie verschont bleibt. Ebenso wird die Cholera sich in der Mehrzahl der ergriffenen Häuser in der Regel auf 1—2 Fälle beschränken, und nur ganz ausnahmsweise trifft man Häuser, wo die Cholerafälle sich häufen.

Insbesondere in den letzten Jahren hat die Cholera in den europäischen Städten nur ausnahmsweise heftige Epidemien verursacht; in den meisten, besonders in den gut verwalteten, ist sie milde verlaufen oder überhaupt gar nicht aufgetreten.

Demnach wird man sich nicht so sehr darüber wundern, warum manche Dörfer, Städte oder Stadtteile während einer Choleraepidemie immun bleiben, sondern vielmehr zu erforschen haben, was wohl die epidemische Entwickelung der Cholera in manchen Orten verursachen mag.

## Bodenverhältnisse, welche die Cholera begünstigen.

Wenn man untersucht, durch welche örtlichen Verhältnisse die Verbreitung der Cholera beeinträchtigt, und durch welche sie gefördert wird, so müssen einem zunächst die örtlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse ins Auge fallen. Die Cholera ist, wie vorausgeschickt worden, ein Kind der Tropen und kommt in kalten Gegenden überhaupt nicht vor (Hirsch); ferner ist aus den die Verbreitung der Cholera schildernden Karten und Beschreibungen zu entnehmen, daß die Choleragebiete meist auf Ebenen und mit feuchtem Boden versehene Gegenden fallen, z. B. in Indien auf die Gangesniederungen, in Europa auf die Ebenen in Rußland, Polen, Ungarn, Deutschland u. s. w., während die trockenen Gebiete, wie Pandschab, Multan in Indien, ferner Arabien, Persien, Aegypten, die Schweiz, Tyrol u. a. weniger zu leiden haben.

Für die lokale Einwirkung der Feuchtigkeit spricht besonders, daß die Cholera vorwiegend die Flüsse entlang fortschreitet, was Pettenkofer für die bayrischen, andere für die in anderen Gegenden studierten Epidemien wiederholt bestimmt nachgewiesen haben, und was besonders auch durch die Verbreitungsart der Cholera in Indien bewiesen wird.

Auch die Choleraimmunität erhöht gelegener Orte ist auffallend oft beobachtet worden. Für London hat dieselbe Farr nachgewiesen, indem dort pro 1000 der Bevölkerung in verschiedenen Höhen über dem Themsespiegel Choleratodesfälle beobachtet wurden (Hirsch):

| Ueber dem Themsespiegel | 1848/49 | 1853/54 | 1866*) |
|---|---|---|---|
| 80' und mehr | 1,5 | 1,3 | — |
| 60—80' | 2,5 | 2,7 | 0,4 |
| 40—60' | 4,4 | 1,6 | 1,7 |
| 20—40' | 6,2 | 3,3 | 7,6 |
| 10—20' | 6,0 | 5,0 | 8,8 |
| 3—10' | 8,9 | 9,4 | 8,9 |
| unter 3' | 14,5 | 10,7 | 16,7 |

*) In den von der Cholera ergriffenen E- und NE-Distrikten.

In Budapest links der Donau zeigten die bloß um 1—2 m tiefer gelegenen Gebiete höhere Choleraziffern, als die erhöhtere Umgebung; die meisten Cholerafälle kamen auf dem (mit Kehricht und Schlamm) angeschütteten, aber gegen die Umgebung auch jetzt noch etwas vertieften halbkreisförmigen Gebiete vor, welches einst von einem Donauarm durchflossen war[53].

In einigen Fällen hat man aber gerade in den höheren Stadtteilen heftige Choleraepidemien beobachtet, so z. B. in Gibraltar; doch hat Pettenkofer nachgewiesen, daß gerade diese hochgelegenen Stadtteile die schmutzigsten sind. Andererseits hat man auch tiefgelegene Gebiete immun gefunden, wenn dieselben übermäßig feucht waren. So hat Pettenkofer für die moorigen Gebiete in Bayern, wo der Boden von Wasser übermäßig durchfeuchtet ist, nachgewiesen, daß die Cholera hier nur gelinde auftrat. Ob diese Erfahrung durch die übermäßige Feuchtigkeit oder durch den Reichtum des moorigen Bodens an Humusstoffen zu erklären ist, bleibt fraglich.

Auch mit der Verunreinigung des Bodens nehmen die Verheerrungen der Cholera zu, wie Pettenkofer bereits in seinen ersten Arbeiten[54] und auch in den späteren wiederholt hervorhebt. Ein von Sielen und Kehrichtgruben verunreinigter Boden ist an den von Cholera befallenen Orten gefunden, resp. angenommen worden von Cordes[55] in Lübeck, Günther[56] in Dresden, Mayer[57] in Ebersberg und Ingolstadt, Volz[58] in Heilbronn, ferner in Thorn[59], Magdeburg[60], Unterstraß[61], und die englischen Aerzte haben überhaupt in den von der Cholera ergriffenen englischen Städten und Stadtteilen den Boden verunreinigt gefunden[62]. Fodor hat in Budapest für die Epidemien der Jahre 1866 und 1872/73 die von Cholera stark befallenen und die im Gegenteil frei gebliebenen Häuser auf dem ganzen Stadtgebiet zerstreut, aber stets neben oder nahe zu einander ausgewählt und die in denselben im Jahre 1877/78 durch Bohrung entnommenen Bodenproben chemisch untersucht, wobei sich folgende Verunreinigungsverhältnisse des Bodens ergaben[62]:

In den (82) Cholerahäusern und (102) cholerafreien Häusern enthielt der Boden in den Tiefen von 1, 2 und 4 m durchschnittlich im Kilo Erde organischen Stickstoff:

| | < 100 | 100—200 | 200—400 | 400 < |
|---|---|---|---|---|
| | | Milligramme | | |
| von den Cholerahäusern in | 1,6 Proz. | 23.6 Proz. | 50,6 Proz. | 24,2 Proz. |
| „ „ cholerafreien Häusern in | 16,4 „ | 30.5 „ | 34.2 „ | 18.9 „ |

Wie ersichtlich, war der Boden in den cholerafreien Häusern um vieles reiner, und wie die nämlichen Untersuchungen ergaben, in den Cholerahäusern viel häufiger in Fäulnis begriffen (reich an Ammoniak). Doch muß auch konstatiert werden, daß z. B. alte Städte und Stadtteile (z. B. in Budapest die inneren) weniger ergriffen werden, als neuere Städte und Stadtteile (in Budapest), trotzdem daß im Boden der ersteren Jahrhunderte alte Unreinigkeit aufgehäuft ist, in letzteren aber die Verunreinigung erst jetzt anfängt; doch ist auch das unleugbar, daß dort in den dichter bewohnten Teilen die Straßen, Höfe, Häuser und Wohnungen reiner gehalten sind, hier aber der Boden an seiner Oberfläche mehr verunreinigt ist.

Aus diesen Erörterungen ist also in der That ersichtlich, daß eine Reihe von Bodenverhältnissen auf die Verbreitung der Cholera von

augenfälligem Einfluß ist, nämlich die vertiefte Lage, die eine Permeabilität voraussetzende Feuchtigkeit und Verunreinigung, welchen gegenüber erhöhte, trockene Lage, eine Feuchtigkeit und Verunreinigung ausschließende oder vermindernde Kompaktheit des Bodens als der Cholera ungünstige Bodenverhältnisse erscheinen. Wir wollen aber die zur Immunität führenden Bodenverhältnisse noch genauer betrachten.

Pettenkofer legt für das Zustandekommen der Immunität das größte Gewicht auf eine Undurchlässigkeit des Bodens für Luft, Wasser und Unreinigkeit. Dieser Bedingung würde zunächst ein kompakter, felsiger Untergrund entsprechen, doch muß wiederholt betont werden, daß, wenn ein Ort auf „Fels“ liegt, hieraus jene Kompaktheit des Bodens noch keineswegs folgt, weil der Fels häufig zerklüftet, in anderen Fällen mit Detritus überdeckt ist — wie z. B. in den Cholera-Ortschaften des Karstgebietes —, und weil endlich der Felsboden selbst durchlässig sein kann, wie es der Sandstein auf Malta und der Kalkfels in Gibraltar thatsächlich ist. Auch ein Lehmboden bedingt, nach demselben Forscher, Immunität, wenn unter demselben eine Kieslage sich befindet und das Grundwasser nicht bis in den Lehm heraufreicht; einer solchen auf Kies gelagerten Lehmschwarte schreibt Pettenkofer die Immunität gewisser Orte in und bei München (Haidhausen, Dorf Berg am Laim), und ebenso auch das Verschontbleiben eines großen Internates inmitten eines Choleraherdes in London während der Epidemie im Jahre 1866 zu. Dieses seltenere Auftreten der Cholera auf kompaktem, felsigem Boden und ihre größere Verbreitung auf Alluvialboden findet sich auch bei zahlreichen anderen Autoren hervorgehoben (vgl. Hirsch).

Gegenüber dem kompakten ist ein poröser, feuchter, verunreinigter Boden nach Pettenkofer's Ansicht für die epidemische Verbreitung der Cholera unerläßliche Bedingung, weil der Infektionsstoff nicht im menschlichen Körper, sondern bloß in einem solchen Boden produziert werden kann, so sehr, daß z. B. Schiffe, die einen solchen Boden nicht an Bord führen, immun sind.

Diese Ansicht, welche dem Boden spezifische und unerläßliche — bald die Cholera reproduzierende, bald aber, infolge von Nichteignung zur Reproduktion des Cholerastoffes, die Choleraepidemien ausschließende — Fähigkeiten beimißt, kann aber, wie man sich überzeugen wird, nicht mit dem erwünschten Nachdruck begründet werden, ja mit einer Reihe von Thatsachen steht sie in direktem Widerspruch.

Zunächst muß hervorgehoben werden, daß wir selbst an den immunsten Orten die gekennzeichneten Bodenverhältnisse, welchen nach Pettenkofer die Immunität zuzuschreiben wäre, nicht in voller Reinheit antreffen, ja daß immune und nicht immune Lokalitäten häufig genug vollkommen analoge Bodenverhältnisse aufweisen.

So hat Lyon wohl in einem Teil des Stadtgebietes Gneisboden, welcher aber zumeist mit einer Lehmschwarte bedeckt ist. Ganz den gleichen Boden besitzen in der Nähe von Lyon auch mehrere Dörfer, die trotzdem von der Cholera schwer zu leiden hatten. Die übrigen Stadtteile von Lyon liegen gleichförmig auf Flußsand und Kies und verhalten sich zur Cholera doch verschieden: im Jahre 1854 hatte die Guillotière von der Cholera zu leiden, die Broteaux aber nicht (Koch)[64]. Hier giebt es also einerseits (in den Dörfern) Felsboden, wie der immune Teil von Lyon, welcher aber nicht immun ist, andererseits

porösen, feuchten, von den immunen Teilen Lyons verschiedenen Boden, welcher trotzdem gleichfalls immun ist (Broteaux).

Hinsichtlich der übrigen immunen oder disponierten Städte werden die Bodenverhältnisse sehr ungenau und meistens auch widersprechend angegeben. So berichtet Koch, daß ein Teil von Bombay auf reinem Felsboden (Trapp, Basalt, mit 1,25—2,35 Porenvolumen), der andere aber auf Alluvium resp. Anschüttung liegt; die Cholera sei auf allen diesen Teilen in gleichem Grade vorherrschend. Auch in Genua hatten die auf impermeablem Felsboden gelegenen Stadtteile im selben Maße von der Cholera zu leiden, wie die auf Anschüttung gelegenen. Demgegenüber blieben in Neapel die auf sehr porösem Felsen (36,3 Proz. Porenvolumen) gelegenen Stadtteile von der Cholera verschont. Es waren also die dichten Bodenarten in Genua und Bombay verseucht, der poröse Boden in Neapel war es aber nicht. Ferner hat Koch hinsichtlich der erwähnten immunisierenden Lehmschwarte in London betont, daß dieselbe nicht auf die immune Schule beschränkt ist, sondern sich auch auf die von Cholera ergriffene Umgebung erstreckt. Auch Leipzig hat lehmigen Untergrund, wurde aber trotzdem durch die Cholera oft und heftig heimgesucht.

Dann berichtet Gruber von der österreichischen Choleraepidemie in 1885—86, daß das Dorf Hrib in der Nähe von Triest, wo die Felsplatten fast überall zu Tage liegen und die Hausmauern meist unmittelbar auf dem Felsen stehen, doch von 381 Einwohnern 11 Tote verloren hat (VI. intern. hyg. Kongreß). Ebenso berichtet Celli, daß die Cholera in der Provinz Neapel (Resina) auch Häuser, welche auf kompakter Lava aufgeführt waren, arg heimsuchte (Annali de l'Instit. d'igiene sperim. di Roma, 1889).

Auf diese und ähnliche Einwände hat Pettenkofer[65] erwidert, daß der Felsboden von Genua überaus porös und feucht (40 Vol.-Proz. Wasser), und der Boden dieser Stadt überhaupt großenteils „durchlässig" ist. Mit Bezug auf Bombay verweist dieser Forscher auf andere Fälle, wo man auch den Boden für kompakten Fels gehalten hatte, und es sich nachträglich herausstellte, daß dem nicht so sei; auch in Bombay giebt es vielleicht eine poröse Bodenschicht auf dem felsigen Untergrund, und daher mag die Cholera rühren.

Daß der Choleraboden sozusagen immer porös ist, darf uns nicht wunder nehmen; das ist sogar natürlich, da ja die Erdoberfläche in den meisten Städten von Detritus bedeckt ist, und überdies mit der Zeit von neuen Schichten Bauschutt bedeckt wird. Die wichtigere Aufgabe wäre aber, zu erforschen, ob immune Gebiete, Städte, Stadtteile und Häuser im Vergleich zu anderen wirklich irgendwelche spezifische Bodenverhältnisse aufweisen, ob der Boden hier wirklich kompakt, trocken und rein ist, ferner ob alle Städte und Gemeinden, die einen solchen Boden besitzen, auch wirklich immun sind.

Aus den mitgeteilten Beobachtungen ist ersichtlich, daß dieses parallele Einhergehen von Immunität und kompaktem, reinem, trockenem Boden nicht einmal für Lyon klar bewiesen wurde, um so weniger für die übrigen, nicht so eingehend untersuchten und bekannten mehr minder immunen Städte. Andererseits wurde gezeigt, daß die Cholera auch auf kompaktem Boden thatsächlich vorkommt, sodaß die immunisierende Wirkung eines kompakten Bodens nichts weniger als durch Thatsachen bewiesen ist. Weiterhin sprechen zahlreiche Thatsachen dafür, daß auch Städte mit porö-

sem, feuchtem und aller Wahrscheinlichkeit nach verunreinigtem Boden immun sein können. Pettenkofer äußert sich auch selbst dahin, daß der Boden von Salzburg und Innsbruck diesbezüglich vom Münchener nicht verschieden ist, und doch sind jene Städte relativ immun, während München von der Cholera befallen wird.

Der Vorstellung, als ob die Cholera bloß im Boden und unter spezifischen Verhältnissen sich entwickeln würde, widerspricht auch die Erfahrung, daß die Seuche oft auf sehr kleine Gebiete, einzelne Häuser oder gar Hausteile begrenzt bleibt. Pettenkofer sieht in dieser Beschränktheit gerade einen Beweis dafür, daß die Cholera nicht durch Berührung übertragen wird, sondern von der Lokalität, vom Boden der Häuser abhängig ist[66]. Wenn man Cholerakarten, z. B. den Plan von Budapest, betrachtet, wird man sehr häufig immune und verseuchte Häuser unmittelbar nebeneinander finden. Pettenkofer hat einige solche Fälle genauer untersucht und thatsächlich einen Unterschied im Untergrund der Häuser — hier eine Lehmschwarte, dort Mangel derselben u. Ae. — gefunden; doch sind dies seltene Ausnahmen, und wird ein solcher von Haus zu Haus wechselnder, örtlich und zeitlich verschiedener Boden in der Regel nicht nur nicht zu finden, sondern nicht einmal wahrscheinlich sein, so z. B. in den verseuchten und immunen Nachbarhäusern in Budapest. Offenbar hat die eine Kategorie Häuser ihre Immunität nicht dem spezifischen Boden zu verdanken, so wie die Verseuchtheit der anderen nicht auf spezifische Bodenverhältnisse zurückgeführt werden muß (vgl. auch weiter unten auf S. 187).

Nach alledem muß man sagen, daß weder die Immunität, noch die Disposition für Cholera auch nur mit einiger Gesetzmäßigkeit an gewisse spezifische Bodenverhältnisse gebunden ist; in der Mehrzahl der Fälle gelingt es nicht, die Immunität auf einen kompakten, trockenen und reinen Boden zurückzuführen, und die Verseuchung mit einer Spezificität des Bodens oder der Bodenverhältnisse zu motivieren. Noch weniger sind wir imstande, die Immunität oder Disposition einer Lokalität aus dem Boden und den Bodenverhältnissen zu diagnostizieren oder anzugeben, durch welche Maßregeln eine Lokalität bestimmt zu immunisieren wäre, und wann und wo die Immunität erreicht ist oder nicht. Alles in allem kann nur so viel konstatiert werden, daß einzelne Städte, Dörfer und Stadtteile von der Cholera in höherem Maße heimgesucht werden als andere, und daß die Cholera im großen Ganzen auf einem porösen, tiefliegenden, verunreinigten und feuchten Terrain häufiger auftritt, als auf einem kompakteren, erhöhteren, reineren und trockneren Boden.

Nichtsdestoweniger liegt aber in dieser bloß relativen Bedeutung des Bodens und der Bodenverhältnisse eine wichtige hygienische Thatsache, denn obschon sie den Boden seines Charakters als einzigen und unerläßlichen Ursprungsort und Regulator der Choleraverbreitung entkleidet, gesteht sie dennoch den Bodenverhältnissen bei dieser Verbreitung eine nicht zu vernachlässigende Rolle zu.

Pettenkofer hat, um zu beweisen, daß der Boden zur Produktion des Cholerastoffes unerläßlich ist, angeführt, daß die Cholera auf Seeschiffen sich nicht epidemisch entwickelt, weil eben hier der Infektionsstoff, aus Mangel an einem spezifischen Boden, nicht repro-

duziert wird; auf hoher See sollen höchstens solche Personen an Bord erkranken, die in Berührung mit dem Festlande hier mit dem Choleraprodukt der Erde infiziert wurden und dieses mit sich an Bord nahmen. Die Litteratur beweist aber, daß die Cholera auf Schiffen häufig und heftig genug auftritt, besonders wenn man bedenkt, daß auf Schiffen Choleraentleerungen, Schmutz und Leichen sofort ins Meer versenkt und dadurch auch die Quellen der Infektion gewöhnlich rasch beseitigt werden, ferner daß eine Reproduktion der Infektionsstoffe auf den leicht abspülbaren geteerten Flächen unschwer zu verhindern ist. Insbesondere sind Fälle bekannt, in welchen die Cholera auf Schiffen so lange anhielt, daß es nicht angeht, anzunehmen, daß alle diese Fälle noch auf dem Festlande infiziert worden wären, da ja das Inkubationsstadium der Cholera ein sehr kurzes ist, sodaß der Infektionsstoff sich thatsächlich auf dem Schiffe, ohne Vermittelung des Bodens, reproduziert haben[67] mußte. So zeigten sich z. B. auf dem „Matteo Bruzzo“, welcher im Jahre 1884 von Genua mit Auswanderern nach Montevideo fuhr, während 52 Tagen unausgesetzt neue Cholerafälle, obschon das Schiff während der ganzen Zeit kein Land berührt hatte; aber auch der „Apollo“ hatte im Jahre 1849 eine heftige Schiffscholera, welche, ohne Berührung von Land, 56 Tage anhielt (Koch). Auf dem „Franklin“, welcher mit 611 Passagieren von Stettin nach New York fuhr, traten auf der Ueberfahrt vom 10. Oktober bis 16. November insgesamt ca. 200 Erkrankungen auf, von welchen 43, mithin mehr als 7 Proz. der Passagiere, an Cholera starben (Virchow). Pettenkofer selbst beschreibt mehrere Schiffsepidemien, in welchen auf hoher See während längerer Zeit immer wieder neue Cholerafälle auftraten[68]. So war z. B. der „Windsor Castle“ am 12. Juli 1866 von Gravesend mit 6 Offizieren, 351 Soldaten und Unteroffizieren und 35 Frauen in See gegangen. Alsbald zeigten sich Diarrhöen und dann Cholera, welcher 8 Soldaten und Matrosen erlagen. Die letzte Erkrankung trat am 15. September, also 65 Tage nach Verlassen des Festlandes auf. Pettenkofer ist der Meinung, daß die erkrankten Personen den Infektionsstoff noch auf dem Festland aufgenommen hatten, weil von den Offizieren niemand, und von den Matrosen ein einziger erkrankte, ferner weil das Schiff rein und gut gelüftet war und alles desinfiziert wurde. Es scheint aber eher, daß sich in den von den Soldaten bewohnten Schiffsräumen ein Choleraherd gebildet hat, wo der Infektionsstoff regeneriert wurde, wie man das auch beim Gelbfieber beobachten kann. Hier wurden natürlicherweise nur die Soldaten angesteckt, während die Matrosen verschont blieben. So viel ist klar, daß die Cholerakeime nicht im Körper der Soldaten 65 Tage lang latent geblieben sein konnten, um diese dann der Reihe nach krank zu machen, sondern daß sie auf dem Schiffe auch ohne Vermittelung des Bodens sich erhielten und vermehrten.

Demnach ist die Reproduktion des Infektionsstoffes bei der Cholera keineswegs an den Boden allein gebunden, und der Boden ist kein unerläßliches Medium zum Gedeihen und zur Reproduktion der Cholerakeime.

### Das zeitliche Verhalten der Cholera und der Boden.

Eine sehr auffällige Erscheinung ist das Gebundensein der Choleraepidemien an gewisse Jahreszeiten. Dies gilt insbesondere für die

gemäßigte Zone, wo der Unterschied zwischen den Jahreszeiten sehr groß ist. Von der unzählbaren Reihe der einschlägigen Daten spricht Pettenkofer's folgende Zusammenstellung[69] am deutlichsten.

| Monat | Summe der Cholera-Todesfälle in Preufsen 1848—59 | Sachsen 1836—74 | Bayern 1836—74 | Insgesamt |
|---|---|---|---|---|
| Januar | 2 317 | 17 | 555 | 2 889 |
| Februar | 842 | 4 | 132 | 978 |
| März | 214 | 0 | 73 | 287 |
| April | 112 | 0 | 38 | 150 |
| Mai | 446 | 2 | 7 | 455 |
| Juni | 4 392 | 45 | 2 | 4 439 |
| Juli | 8 480 | 372 | 39 | 8 891 |
| August | 33 640 | 1 964 | 3 306 | 38 910 |
| September | 56 561 | 4 167 | 4 661 | 65 389 |
| Oktober | 35 271 | 2 401 | 1 298 | 38 970 |
| November | 17 530 | 572 | 891 | 18 993 |
| Dezember | 7 254 | 262 | 1 057 | 8 573 |

Es läßt sich also die Uebereinstimmung nicht verkennen, mit welcher die Choleraepidemien im August, September und Oktober kulminieren, dagegen im März, April und Mai auf das Minimum abfallen. Ganz gleich lauten auch die in anderen Ländern gesammelten Erfahrungen; Hirsch hat die Ausbruchszeit (nicht die Akme) von 920 außerhalb Indiens beschriebenen Choleraepidemien notiert und gefunden, daß dieselbe fiel auf die Monate:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Dezember | bis Februar | in | 42 | Epidemien |
| März | „ Mai | „ | 136 | „ |
| Juni | „ August | „ | 549 | „ |
| September | „ November | „ | 193 | „ |

Diese Angaben gestatten keinen Zweifel über den maßgebendsten Einfluß von außerhalb des menschlichen Körpers gelegenen Faktoren auf die epidemische Verbreitung der Cholerakeime; denn man kann sich doch kaum vorstellen, wie die Jahreszeiten eine innerhalb des Körpers stattfindende Bildung von Infektionsstoff so auffallend beeinflussen sollten, so wie auch in der Berührung der Menschen untereinander, im menschlichen Verkehr an einen solchen Unterschied nach Jahreszeiten kaum zu denken ist.

Am leichtesten wäre diese Erscheinung dadurch erklärbar, daß bei **anhaltender** Wärme die Vermehrung der Cholerakeime außerhalb des menschlichen Körpers gefördert und erleichtert, dagegen bei **anhaltender** Kälte erschwert wird. Für uns handelt es sich hier aber um die Frage, ob bei diesem zeitlichen Verhalten der Cholera Bodenverhältnisse mitspielen.

Man kann nicht verkennen, daß das zeitliche Verhalten der Cholera sich mit der Erwärmung und Abkühlung des Bodens besonders gut deckt, da die Akme der Epidemien auf diejenigen Monate (August, September) fällt, in welchen die oberflächlichen Bodenschichten eben am wärmsten, und aufs Minimum abfällt, wenn diese am kältesten sind (im März und April). Mit der Lufttemperatur ist die Koinzidenz bei weitem nicht so vollkommen, da ja die relativ warmen Monate Mai und Juni weniger Cholera aufweisen, als die viel kühleren Oktober und November. Delbrück[70] und Pfeiffer[71] haben auch behauptet, daß die Cholera von den Temperaturverhältnissen der oberflächlichen (1 m)

Bodenschichten abhängig ist. In Budapest (Fodor) war die Cholera im Jahre 1866 auffallend spät, erst im September ausgebrochen und hat lange (den Oktober hindurch) angehalten. Die Bodentemperatur erhob sich dieses Jahr in 1,17 m Tiefe im Oktober auf 16,08 ° C., während das Mittel aus den Jahren 1867—1871 bloß 15,07 betrug.

Trotzdem kann aber ein engeres Verhältnis zwischen der Erwärmung des Bodens und dem epidemischen Vorherrschen der Cholera mit auch nur einiger Sicherheit nicht nachgewiesen werden, einerseits weil diese Krankheit in Europa relativ selten und nur für kurze Zeit erscheint, und es auch über diese Dinge an entsprechenden Beobachtungen mangelt, andererseits weil andere Erscheinungen auf die Möglichkeit verweisen, daß es auch ohne Erwärmung des Bodens zu Epidemien kommen kann. Hierher gehören die zahlreichen Winter- und Frühjahrsepidemien. So war die Cholera in München im Jahre 1873 im Monat August ausgebrochen, in den folgenden Monaten bis November trotz der Wärme des Bodens abgefallen, dagegen im Dezember und im Januar 1874 wieder auf ihre Akme gestiegen [72]. In Indien (z. B. in Calcutta, Bombay, Madras [73]) geht die erhöhte Wärme der oberflächlichen Bodenschichten gerade mit einer Abnahme der Cholera einher, was man übrigens nicht überschätzen darf, da dort der Unterschied zwischen warmem und kaltem Boden kaum einige Grade ausmacht.

Insbesondere wäre es verfrüht, die ausschlaggebende Rolle der Bodenwärme für bewiesen zu halten, da ja diese im Vergleich zur Luft beobachtete Verspätung in den Wärmeextremen nicht ausschließlich im Boden, sondern auch im Brunnen- und Hauswasser, in den Häusern und Wohnungen, in den hier gehaltenen Lebensmitteln, dem angehäuften Schmutz etc., welche auch im August und September am wärmsten und zur Zersetzung am meisten geeignet sind, zur Geltung kommt.

Es ist also möglich, daß an der epidemischen Verbreitung der Cholera im allgemeinen auch die Wärme des Bodens ihren Anteil hat, doch kann man nicht feststellen, inwiefern der zeitliche Eingriff dieses Faktors ein ausschließlicher oder ein mit den Wärmeverhältnissen anderer Gegenstände (Wohnungen, Gewässer etc.) in die Wirkung sich teilender ist. So viel aber kann gänzlich ausgeschlossen werden, daß die Wirkung der Bodenwärme eine spezifische und eine zur Entwickelung der Cholera unerläßliche ist.

Daß die Cholera auf einem feuchten Boden, neben Flüssen häufig, dagegen auf trockenen, regenarmen Gebieten selten vorherrscht, haben wir schon oben gezeigt. Es wird aber weiter behauptet, daß dieselbe auch mit den zeitlichen Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit, den Regenfällen und dem Grundwasser parallel verläuft.

In Indien, wo das Jahr hauptsächlich in zwei Abschnitte, die Regenperiode und die regenlose Jahreszeit zerfällt, und wo infolgedessen auch die Grundwasserschwankungen nach Jahreszeiten mit großer Regelmäßigkeit verlaufen, wurden die fraglichen Verhältnisse von vielen, namentlich von Macpherson [74], Lewis und D. Cunningham [75], Cornish [76], Bryden [77], Bellew [78], und auf Grund der von diesen Forschern gelieferten Daten durch Hirsch und insbesondere Pettenkofer [79] verglichen. Doch kann uns das Ergebnis dieser Untersuchungen keineswegs befriedigen, weil durchaus kein, auch nur einigermaßen konstantes Verhältnis von allgemeinem Charakter zwischen Regenfällen und den durch diese bewirkten Grundwasserschwankungen und den Choleraepidemien zu erkennen ist. In Calcutta und Bombay geht aus den

Mittelwerten für Regenmenge und Cholerafälle während einer langen Reihe von Jahren hervor, daß die Cholera parallel mit der Trockenheit zunimmt, mit eintretendem Regen aber abfällt, und zwar ist diese Abnahme schon mit beginnenden, noch geringen Regenfällen erkennbar und wird mit dem andauernden Regen immer bedeutender. Nach Ablauf der Regenzeit sieht man dann die Cholera wieder ansteigen, anfangs langsam, dann während der trockenen Monate rascher, bis sie mit den ersten Spuren von Regen neuerdings abzunehmen beginnt. In Madras hingegen nimmt die Cholera inmitten der größten Trockenheit ab und steigt auch wieder an, um mit der eintretenden Regenperiode aufs neue mäßig abzunehmen.

Aus der von Koch und Gaffky nach Macmamara ausgeführten großen Tabelle (No. 23) über die Cholera in Calcutta [80] ist gleichfalls zu entnehmen, daß die Cholera im großen Ganzen mit dem Eintritt und während der Dauer der Regenzeit abnimmt und während der trockenen Jahreszeit wieder ansteigt; doch ist ein auch nur einigermaßen gesetzmäßiger Zusammenhang ganz und gar nicht vorhanden. So hat sich die Cholera vom 11. bis 17. August 1868, trotz starker Regenfälle, nicht einmal gerührt, war aber nach denselben bedeutend angestiegen; mit dem heftigen Platzregen am 9. Juni 1869 fällt die Cholera am selben Tage ab, um nachher die frühere Höhe zu erreichen. Die starken Regenfälle im Juni desselben Jahres zeigen nicht den geringsten Einfluß. Und überhaupt fällt auf die sehr regnerischen Monate Juni bis Oktober 1866 ein viel höherer Cholerastand, als auf die trockenen Monate Januar bis Mai 1870—74.

Ebenso ist auf Taf. 29 des Berichtes von Koch und Gaffky zwischen Cholera und Grundwasserstand ein Zusammenhang bloß im allgemeinen erkennbar. Im großen Ganzen fallen tiefe Grundwasser- und hohe Cholerastände zusammen, doch sieht man die Cholera schon zu einer Zeit bedeutend zurückgehen, als das Grundwasser noch fortgesetzt im Fallen begriffen ist.

Wenn also weder für die Regenverhältnisse, und noch weniger für die Grundwasserschwankungen nicht einmal in Indien ein engerer Zusammenhang mit der Cholera nachgewiesen werden kann, so muß man mit Recht voraussetzen, daß der Zusammenhang dieser drei Momente überhaupt kein besonders fester sein kann, und daß weder Regenfälle noch Grundwasserschwankungen in dem Maße entscheidende, gewichtige oder gar spezifische Faktoren sein können, daß es von ihnen abhängen würde, ob die Cholera zu epidemischer Entwickelung kommt oder ausbleibt.

Einen solchen Zusammenhang zu beweisen oder auch nur zu beleuchten, sind die in Europa angestellten Beobachtungen noch weniger geeignet. Hier erscheint die Cholera bloß als zeitweiliger Gast, ihr Vorherrschen an einzelnen Orten ist von kurzer Dauer und namentlich auf die warme Jahreszeit beschränkt; andererseits sind die über Regen- und noch mehr die über Grundwasserverhältnisse vorliegenden Daten lückenhaft und unzulänglich, ganz abgesehen davon, daß unter hiesigen Verhältnissen die Feuchtigkeitszustände des Bodens weder in den Regenfällen noch im Grundwasserstand verläßlich zum Ausdruck gelangen. Es wird daher nur natürlich erscheinen, wenn man in dieser Richtung befriedigende Resultate nicht einmal erwarten kann, obschon Pettenkofer mit bewunderungs- und achtungswürdiger Emsigkeit und Ausdauer bestrebt war, auch hier in Europa die Cholera mit den Regen-

fällen und mit den etwa vorhandenen wenigen Grundwasserdaten zu vergleichen.

So hebt Pettenkofer z. B. hervor, daß der ganz ausnahmsweise Lyoner Ausbruch im Jahre 1854 gerade mit einem trockenen Jahre und tiefen Stand der Rhone zusammenfiel, wogegen Koch anführt, daß im Jahre 1854 der Wasserstand wohl durchschnittlich niedrig war, aber gerade vor und während des Choleraausbruches eine ungewohnte Höhe erreichte, ganz abgesehen davon, daß von den zwei benachbarten und identische Boden- und Grundwasserverhältnisse besitzenden Stadtteilen Broteaux und Guillotière bloß der erstere verschont blieb [81].

Dann beruft sich Pettenkofer auf München, wo die Cholera im August 1873 epidemisch auftrat, aber im Lauf der Monate September, Oktober und November bedeutend zurückging, jedoch im Dezember dieses und im Januar des nächsten Jahres wieder, und zwar auf noch bedeutendere Höhe anstieg. Diesen Verlauf erklärt er damit, daß im August starke Regenfälle und, parallel mit denselben, ein starkes Steigen des Grundwassers auf die Cholera hemmend wirkten, während später die Trockenheit und das Sinken des Grundwassers die Seuche wieder hervortreten ließen. Doch hatte München im Jahre 1854 nach dem sehr regnerischen Juli im August, der noch regnerischer war, eine heftige Choleraepidemie, welche auch in dem auffallend regenarmen Monat September mit großer Heftigkeit andauerte [82]. Während ferner die Cholera in München im Zeitraum von 1835—1884 durchschnittlich nach mehreren regnerischen Monaten im gleichfalls regnerischen August ihren Höhepunkt erreichte, dann parallel mit der Regenmenge abnahm, trat im Gegenteil in Genua die Akme der Epidemien während desselben Zeitraumes nach mehreren trockenen Monaten inmitten der Trockenheit im August ein, und fiel die Cholerafrequenz mit zunehmenden Regenmengen wieder ab [83].

Indem wir die unübersehbare Anzahl lokaler Angaben übergehen, nach welchen die Choleraepidemien an einzelnen Orten nach trockenem Wetter mit den Regenfällen, an anderen im Gegenteil nach Regenwetter mit der eintretenden Trockenheit, oder in beiden Fällen auftraten, und wo sie (in Ermangelung von Grundwasseruntersuchungen) mit den Flusswasserständen verglichen, bald mit dem Steigen, bald mit dem Fallen des Flußspiegels angeblich parallel verliefen *): müssen wir

*) Nach Budapest war die Cholera im Jahre 1866 schon im Juli eingeschleppt worden, doch kam es weder in diesem, noch im folgenden Monat zu einer Epidemie; der August war regnerisch, und auch die Donau stand hoch, während im September beide zurückgingen, wo dann auch die Cholera rapid zu beträchtlicher Höhe anstieg. Im Jahre 1872 waren die Monate Juli, August, September und auch noch Oktober regnerisch; die Cholera brach erst im November aus und blieb mild. In 1873 hatten hingegen Regenmengen und Donauwasserstand schon im Juli bedeutend abgenommen und blieben es auch später; auch die Cholera kam im Juli zu heftiger Verbreitung und erreichte ihre Akme im August (Fodor). Dieses Verhalten würde also für eine cholerahemmende Wirkung von Regen und Grundwassersteigung sprechen. Doch ist schon während der Epidemie in 1886 sowie in 1892 ein Zusammenhang zwischen Regenfällen und Cholera nicht zu erkennen. Juli, August waren in 1886 äufserst trocken, doch brach die Cholera erst im September aus und war im regnerischen Oktober am heftigsten; im Jahre 1892 waren August, September und besonders Oktober regnerisch: die Cholera brach Ende September aus und erreichte im regnerischen Oktober eine epidemische Ausbreitung. Auch während der Triester Epidemie in 1885/86 liefs sich nur einigermafsen erkennen, dafs Regenfälle die Cholera auf kurze Zeit hemmen [84]. Hauser schreibt dem Regen während der spanischen Epidemie in 1884—85 einen bedeutenden Einflufs zu, und nach diesem Autor würden Regenfälle am Anfange der Epidemie die Cholera steigern [85].

konstatieren, daß ein gesetzmäßiger Zusammenhang der Cholera mit den Regenfällen nicht, und mit dem Grundwasser (schon aus Mangel an Daten) noch weniger nachgewiesen werden kann. Daß die Cholera ein und das andere Mal — und zwar in der Mehrzahl der Fälle — mit Trockenheit oder sinkendem Stand von Flüssen und Grundwasser zusammenfällt, kann ganz gut ein Zufall sein, da ja die Cholera die wärmere Jahreszeit bevorzugt, welche in unseren Breitegraden gleichzeitig auch die trockenere ist.

Ebensowenig sind wir imstande, zwischen dem zeitlichen Verhalten der Cholera und dem Verlauf der Zersetzungsprozesse im verunreinigten Boden einen ausgesprochenen Kausalnexus oder eine Parallelität nachzuweisen; denn obschon die Cholera in Europa ihre Akme nicht im Juni oder Juli, sondern mehr während der Augustwärme erreicht, was dafür sprechen würde, daß dieselbe mit der Durchwärmung der oberflächlichen (1 m) Bodenschichten und nicht mit der atmosphärischen Wärme synchronisch sich entwickelt: darf man nicht vergessen, was ich wiederholt betonen will, daß zu dieser Zeit außer dem Boden auch noch vieles andere auf das Maximum erwärmt sein wird, so die Gewässer, Nahrungsmittel, Wohnungen, Höfe, Siele und andere Schmutzsammler, welche man neben dem Boden nicht einfach ignorieren kann. Im Vorkommen der Cholera zur kühleren Jahreszeit und gar im Winter und Frühjahr, wenn der Boden am inaktivsten ist, liegt sogar eine Thatsache vor, welche die spezifische, unerläßliche Rolle der Verunreinigung des Bodens und dessen Zersetzung geradezu ausschließt. Am wenigsten scheinen aber die in den tieferen Bodenschichten obwaltenden Verhältnisse mit der Cholera in Verbindung zu stehen, indem dort die wichtigsten Veränderungen (die maximale Durchwärmung) zu einer Zeit eintreten, wenn die Cholera durchschnittlich bereits in Abnahme begriffen ist. Deshalb kann auch eine Beteiligung des Grundwassers, welches in der Regel doch in den tieferen Schichten auf die Feuchtigkeit einwirkt, nicht nur nicht nachgewiesen werden, sondern ist nicht einmal wahrscheinlich.

Auch die bekannten biologischen Eigenschaften der Cholerabacillen lassen ein Mitwirken der tieferen Bodenschichten bei der Cholera als nicht wahrscheinlich annehmen, da diese Bakterien viel kurzlebiger sind und ein zu großes Bedürfnis für Wärme und Sauerstoff haben, als daß sie in die tieferen Bodenschichten hinabfiltrieren, hier gedeihen und dann wieder an die Oberfläche gelangen und alldas überleben könnten. Gegen einen bestimmenden Einfluß der tieferen Bodenschichten spricht ferner die Beobachtung, daß die Cholera in alten, also auch in den tieferen Schichten offenbar stärker verunreinigten Städten und Stadtteilen oft weniger heftig auftritt, als in den neueren Teilen, wo der Boden in der Tiefe noch reiner, aber an der Oberfläche um so mehr verunreinigt ist (Budapest). Endlich muß die zeitlich rasche Entwickelung von Choleraepidemien in großen Städten eine jede Theorie als unannehmbar erscheinen lassen, welche die Vermehrung und Verbreitung des Cholerakontagiums von was immer für einer im Boden verlaufenden Reifung oder Züchtung abhängig macht, da es hierzu auch an Zeit gebricht*).

Nach alledem zeigen weder die örtlichen noch die zeitlichen Bodenverhältnisse irgendeinen spezifischen Zu-

*) Bei der Hamburger Epidemie in 1892 war die Zahl der Erkrankungen bis zum 20. August insgesamt auf 85, aber am 27. bereits auf tägliche 1102 Erkrankungen gestiegen, was eine wahrhaftige Explosion ist (Hueppe) 86.

sammenhang mit der Verbreitungsart der Cholera, dieselben können mithin auch nicht als entscheidende und unerläßliche Motive zur Reproduktion der Cholerakeime außerhalb des menschlichen Körpers angesprochen werden. Die Pettenkofer'sche Ansicht läßt sich also in ihrer Exklusivität nicht beweisen.

Andererseits bleibt aber unleugbar, daß die Vermehrung und Verbreitung der Cholerakeime mit dem menschlichen Körper und mit dem Verkehr allein nicht zu erklären ist, und daß hierbei auch außerhalb des menschlichen Körpers obwaltende zeitliche und örtliche Momente bestimmt mitbeteiligt sind. Worin bestehen also diese außerhalb unseres menschlichen Körpers gelegenen örtlichen und zeitlichen Faktoren? Sind dieselben vom Boden abhängig?

## Der Boden und das Choleramiasma.

Nägeli meinte [87], daß der siechhafte Boden gewisse specifische Miasmapilze produziert, welche in den menschlichen Körper gelangen und hier den Chemismus der Säfte so weit verändern, daß die jetzt eindringenden spezifischen Kontagien-(Cholera-)pilze eine günstige Zuchtstätte vorfinden. Doch ist die Nägeli'sche sogenannte diblastische Theorie keineswegs verständlicher und mit den Erfahrungsthatsachen auch nicht leichter in Uebereinstimmung zu bringen, als die Pettenkofer'sche monoblastische Theorie, von welcher Nägeli's Annahme eigentlich nur darin abweicht, daß sie die spezifischen Bodenverhältnisse nicht für die Cholerabakterien, sondern für jene anderen, die Cholera fördernden, für diese Seuche disponierenden unbekannten Bakterien in Anspruch nimmt.

Einen spezifisch siechhaften Boden giebt es aber, wie gezeigt wurde, nicht, und der Boden ist zur Reproduktion der Cholerakeime überhaupt nicht unerläßlich; es wird also auch einen spezifisch disponierenden Boden oder in solchem Boden produzierte spezifisch disponierende Bakterien offenbar überhaupt nicht geben.

Das örtliche und zeitliche Verhalten der Cholera ist viel leichter zu verstehen, ohne daß man zu gewissen unerläßlichen spezifischen Bodenverhältnissen seine Zuflucht nehmen müßte, wenn man zunächst die biologischen Eigenschaften der Cholerabakterien in Betracht zieht, welche mit dem örtlichen und zeitlichen Verhalten der Choleraepidemien so sehr übereinstimmen, daß man, falls nicht die Koch'schen Bacillen die Ursache der Cholera wären, als solche zu mindest einen Organismus von ganz analogen biologischen Eigenschaften annehmen müßte.

Vor allem ist konstatiert, daß die Cholerabacillen zu den außerhalb des menschlichen Körpers am leichtesten vegetierenden, am raschesten sich vermehrenden, aber auch am raschesten zu Grunde gehenden Bakterienarten gehören. Zur raschen Vermehrung bedürfen sie kaum mehr als einer feuchten und warmen Oberfläche. Ihre Reproduktionsfähigkeit steigt und sinkt mit der Temperatur, hört aber selbst bei den stärksten Frösten nicht auf. Neben der Wärme ist ihnen ein gewisser Grad von Feuchtigkeit unerläßliches Lebensbedürfnis, und durch Austrocknen werden sie am wirksamsten vernichtet. Die Cholerabacillen gedeihen bei entsprechender Temperatur auch auf dem feuchten Boden,

besonders auf der Oberfläche sehr rasch, in den tieferen Schichten aber minder gut; doch ist dasselbe der Fall auch auf allen sonstigen feuchten Oberflächen, auf Mauern, Fußböden, Möbeln, Nahrungsmitteln und nicht minder in Pfützen, Flüssen und Brunnenwasser etc., insofern die nötige Wärme vorhanden ist. Und alle diese Medien sind ebenso wie der Boden gerade zur Zeit der Choleraepidemien am wärmsten, also zur Reproduktion der Cholerakeime am meisten geeignet, und auch ihre Feuchtigkeitsverhältnisse stimmen mit den Bedingungen der Bodenfeuchtigkeit überein.

Könnte nicht dies der Grund sein, warum die Verbreitung der Cholera mit gewissen Wärme- und Feuchtigkeitszuständen des Bodens zusammentrifft? Erklärt nicht dieses biologische Verhalten der Cholerapilze, warum die Cholera auch unter den verschiedensten Bodenverhältnissen und auch trotz derselben oder gar ohne Boden überhaupt (auf Schiffen) sich zur Epidemie zu entwickeln vermag? Die Cholerabakterien finden bei ihrer Anspruchslosigkeit und ihrer raschen Vermehrungsfähigkeit die nötigen Wachstumsbedingungen, Wärme und Feuchtigkeit, unter den verschiedensten Umständen vor, — am reichlichsten wohl auf dem Boden, wenn dieser feucht und verunreinigt ist, doch auch anderswo, und die günstigste Jahreszeit für ihr Gedeihen wird die Sommermitte und der Herbst sein, zu welcher Zeit Boden, Häuser, Gewässer, Nahrungsmittel warm und zur Züchtung von Bakterien am meisten geeignet sind; doch kann die geeignete Temperatur auch im Winter, z. B. in Wohnungen gegeben sein.

Und es wird nur natürlich erscheinen, daß die Entleerungen der Cholerakranken nur ausnahmsweise auf direkte Weise zur Quelle einer Infektion für viele andere Menschen werden, also eine Epidemie erzeugen: dann nämlich, wenn sie z. B. ins Trinkwasser, in Wasserleitungen, in Milch u. a. gelangen. Wenn dagegen der Infektionsstoff sich außerhalb des menschlichen Körpers, in der Umgebung der Wohnungen, im Wasser und in Nahrungsmitteln vermehrt, so kann dies viel leichter zu einer massenhaften Reproduction derselben, resp. zu Massenerkrankungen führen.

Als der eine örtliche und zeitliche Faktor bei der örtlichen und zeitlichen Verbreitung der Cholera kann also alles figurieren, was in der Umgebung der Menschen ein für das Gedeihen der Cholerabakterien günstiges Substrat liefert, wenn dieses die nötige Wärme und Feuchtigkeit besitzt. Insbesondere kann es auch der Boden sein, dort, wo derselbe feucht und verunreinigt, also hauptsächlich wo er niedrig gelegen, durch Flüsse oder hohes Grundwasser feucht gehalten ist, und durch Schmutz in den Wohnungen verunreinigt wird, — und dann, wenn derselbe feucht und warm ist.

### Einfluß des Bodens auf die individuelle Disposition.

Der andere örtliche und zeitliche Faktor bei der Entfachung einer Choleraepidemie ist der Schmutz und die Unreinigkeit mit ihren örtlichen und zeitlichen Verhältnissen, welche wieder einerseits ein Substrat für das Gedeihen der Cholerabakterien liefern, andererseits aber die Disposition der Bevölkerung beeinflussen.

Fodor hat schon in älteren Arbeiten[88] ausgeführt, daß die Cholera besonders mit dem Schmutz und dessen Verhältnissen einen

Zusammenhang erkennen läßt. Alles, was in der Umgebung der Menschen, nicht nur in, sondern auch auf dem Boden, ferner in Luft, Wasser, Wohnungen, Nahrungsmitteln etc. zur Anhäufung von Schmutz und dessen Zersetzungsprodukten führt, wirkt auf die epidemische Verbreitung der Cholera fördernd, wogegen die Cholera mit der Reinlichkeit jener Substrate parallel abnimmt und in ihrer epidemischen Verbreitung aufgehalten wird. Fodor hat auf Grund seiner Budapester Untersuchungen mit Entschiedenheit ausgesprochen, daß die epidemische Verbreitung der Cholera das Produkt zweier Momente ist: einerseits der infizierenden Cholerasubstanz, andererseits der individuellen Disposition, welche durch den schmutzigen Boden, durch schmutziges Wasser und unreine Luft erzeugt wird. Und je schmutziger der Boden, auf welchem gewisse Menschen wohnen, je unreiner das Wasser, welches sie genießen, und je unreiner die Luft ist, die sie einatmen, um so mehr steigert sich ihre Empfänglichkeit für die Krankheit. Ebenso wird eine Bevölkerung an einem gegebenen Orte dann am empfänglichsten für die Cholera sein, wenn die Zersetzung der Schmutzstoffe zur höchsten Intensität gestiegen ist. Fodor führte des weiteren aus, daß Schmutz und Zersetzung am wahrscheinlichsten auf die Art eine Disposition zur Cholera erzeugen, daß sie in der Bevölkerung Diarrhöen und Magenkatarrhe hervorrufen und so die Widerstandskraft des Organismus gegen die spezifischen Cholerainfektionsstoffe vermindern*).

Zum Beweise, daß die Cholera nicht bloß von den Bodenverhältnissen, sondern überhaupt von Schmutz und Unreinigkeit beeinflußt ist, wies Fodor darauf hin, daß die Cholera in Budapest nicht nur mit der Verunreinigung des Bodens und Wassers [89], sondern auch der Wohnungen [90] parallel um sich gegriffen, und mit der Reinheit dieser Medien parallel abgenommen hat.

Reinheit oder Schmutz in Wohnhäusern und Höfen zeigten an sich einen so entscheidenden Einfluß auf die Verbreitung der Cholera, daß, während in den, anläßlich der in 1878/79 ausgeführten Revision, rein befundenen Häusern, in den Cholerajahren 1866 und 1872/73 auf je 10000 Bewohner 90 Todesfälle vorkamen, die unrein befundenen Häuser 420 Choleratote hatten, wobei in Rechnung gezogen werden muß, daß die Behörde die verdächtigen Häuser, besonders die polizeilich als verseucht gemeldeten, energisch hat reinigen lassen, sodaß ein Teil der in 1878/79 rein befundenen Hauser in 1865 und 1872/73, als sie die 90 Choleratoten pro 10000 Bewohner hatten, noch zu den schmutzigen gehört haben mag. Der Unterschied in der Choleramortalität in den äußerlich reinen oder unreinen Häusern dürfte daher noch bedeutender gewesen sein, als er durch die Zahlen 90 und 420 ausgedrückt ist, obschon auch dieser sehr bedeutend genannt werden muß. Hier will ich nochmals hervorheben, daß die schmutzigen und die reinen, die verseuchten und die cholerafreien Häuser regellos durch das ganze Stadtgebiet zerstreut, oft unmittelbar nebeneinander lagen, sodaß ihre örtlichen und zeitlichen Bodenverhältnisse offenbar ganz oder nahezu identisch, also ihre Immunität und Verseuchtheit viel weniger durch spezifische Bodenverhältnisse, als durch die oberflächliche Reinheit oder den Schmutz verursacht waren.

---

*) Ganz in ähnlichem Sinne äufsern sich bezüglich des Schmutzes als disponierenden Momentes auch D. Cunningham (Uffelmann's Jahresber. für 1889), dann Flügge (Die Verbreitungsweise und Abwehr der Cholera, Leipzig 1893, S. 68).

Einfluß des Bodens auf die Choleraepidemien.

Wenn man den Schmutz mit seinen örtlichen und zeitlichen Verhältnissen der Cholera mit ihren örtlichen und zeitlichen Verhältnissen gegenüberstellt, so wird man die Erklärung für das örtliche und zeitliche Verhalten der Cholera gewiß viel natürlicher geben können, als wenn man nach einem spezifischen Boden und spezifischen zeitlichen Bodenverhältnissen forscht.

Den Unterschied zwischen immunen und nicht immunen Orten kann man in der oberflächlichen Unreinigkeit viel mehr und konstanter erkennen, als in der Verunreinigung der tieferen Bodenschichten und in den Schwankungen des Grundwassers. Offenbar werden auch die Provinzen Posen und Preußen von den Rheinlanden und Westphalen mehr in Reinlichkeit als hinsichtlich des spezifischen Bodens und der Grundwasserverhältnisse verschieden sein. Und so sind auch in Budapest die immune innere und Leopoldstadt, was oberflächliche Reinlichkeit anbelangt, den später bevölkerten von Cholera heimgesuchten Vorstädten überlegen.

Mit der Wirkung des Schmutzes läßt sich auch erklären, warum an Choleraorten die arme und unreinliche Volksklasse in der ganzen Ortschaft so auffallend große Verluste erleidet. So war in Budapest während der Choleraepidemien in 1886 und 1892 das Verschontbleiben der reinlicheren wohlhabenden Klassen überall in der ganzen Stadt der unreinlicheren Volksklasse gegenüber geradezu augenfällig. Auch anläßlich der Choleraepidemie in Triest im Jahre 1885/86 stimmen alle Beobachter darin überein, daß die „Cholera eine Krankheit der Armen ist“ (Gruber)[91].

Wenn man sieht, wie in von der Cholera ergriffenen Orten nebeneinander gelegene Häuser, und sogar die einzelnen Teile eines und desselben Hauses ein verschiedenes Verhalten zur Cholera zeigen, so kann man dies — wie oben (S. 187) ausgeführt wurde — nicht damit erklären, daß unter den einzelnen Häusern oder Hausteilen der Boden und die Grundwasserschwankungen verschieden sind, und daß unter einem Hausteile spezifische Immunität, unter dem anderen aber eine spezifische Choleraproduktion besteht, wie das Pettenkofer thut, sondern man wird, abgesehen von der Möglichkeit einer zufälligen Infektion mit Choleradejekten, annehmen müssen, daß die bescheidenen Cholerabacillen in der ergriffenen Wohnung doch eine Gelegenheit zur Fortpflanzung fanden, in der anderen, wenn auch nachbarlichen, aber nicht, — daß dieselben dort eine disponiertere, unreinlichere, hier eine minder disponierte Bevölkerung angetroffen haben. Und wenn man ferner sieht, daß die Cholera weitaus überwiegend die von ärmeren, unreinlicheren Volksklassen bewohnten Häuser und Stadtteile verheert, so wird man auch das nicht auf im Untergrund der Häuser bestehende spezifische Ursachen zurückführen können, sondern vielmehr von den über dem Boden bestehenden natürlichen Verhältnissen ableiten müssen.

Der Thatsache gegenüber, daß die Cholera in neuerer Zeit auf dem ganzen Erdball — von Indien bis Amerika — mit den Fortschritten der Civilisation parallel auffallend und rasch abnimmt und namentlich in den großen Metropolen bei neueren Invasionen immer weniger Terrain zu gewinnen vermochte, daß der überaus virulente Cholerastoff im Sommer 1892 weder Berlin, noch Leipzig, Dresden, Prag, Wien, Breslau etc. heimsuchte, obschon diese Städte noch vor kurzem schwer zu

leiden hatten, wird man die Ansicht nur schwer aufrecht erhalten können, als ob im Boden oder im Grundwasser etwas spezifisch Cholerawidriges entstanden, oder etwas spezifisch Cholerabegünstigendes verschwunden wäre, da ja, den ganzen Kontinent in Betracht gezogen, in den meisten der fraglichen Städte die Assanierung des Bodens nicht gar so außerordentliche Fortschritte gemacht hat, Bodenfeuchtigkeit, Grundwasser und sogar die Bodenverunreinigung sich nur wenig geändert haben. Andererseits ist aber in diesen Städten thatsächlich sehr viel auf dem Boden geschehen, was dessen die Cholera erzeugenden und für diese disponierenden Eigenschaften wesentlich zu beeinträchtigen imstande ist, wodurch die Oberflächen, auf welchen Schmutz und Cholerakeime haften und sich vermehren können, vermindert, und der die Bevölkerung zur Cholera disponierende Schmutz in Wohnungen, Höfen, Straßen etc. verringert wurden*).

Ganz ähnlich dürfte sich die Sache auch in Indien verhalten. Die relative Immunität von Multan hat ihren Grund nicht in spezifischen Bodenverhältnissen, sondern in der großen Trockenheit, welche der Fäulnis hinderlich ist und die zur Züchtung von Cholerabacillen geeigneten Bodenoberflächen austrocknet. Aehnlichen Ursachen und nicht spezifischen Boden- und Grundwasserverhältnissen verdankt offenbar auch Arabien und Aegypten seine relative Choleraimmunität. Auch die Abnahme der Cholera nach Regenfällen in Indien (und auch anderwärts) mag ihren Grund darin haben, daß der Regen den Schmutz vom Boden, den Höfen und Straßen wegschwemmt und dadurch die Oberflächen, welche Cholera züchten und zur Cholera disponiert machen, vermindert, gleichzeitig das Wasser in Pfützen und Tanks erneuert und auffrischt.

Diese Wirkungsart der Regenfälle durch Reinigung der Oberfläche und Auffrischen des Wassers findet sich auch bei indischen Aerzten, z. B. bei Payne in Calcutta betont (Koch-Gaffky)[92].

Man darf es füglich als ein großes Glück betrachten, daß die Choleraimmunität auf so einfachen und natürlichen Ursachen fußt, und daß es dazu keinerlei spezifischer Eigenschaften des Bodens und des Grundwasserstandes bedarf. Denn wenn die Cholera von letzteren abhängig wäre, hätten wir wenig Hoffnung, dieselbe in Indien zu bekämpfen und dadurch Europa zu sichern. Es läßt sich doch gar nicht vorstellen, daß man ganz Indien mit einem spezifisch immunen, kompakten und reinen Boden versehen und das Sinken des Grundwassers verhindern könnte; und ebensowenig könnte an eine Sicherung Europas gedacht werden, weil es unmöglich ist, den Boden überall kompakt zu machen und das Grundwasser zum Stillstand zu bringen. Der bekannte Rat Pettenkofer's, daß man alle gegen die Verschleppung des Cholerastoffes gerichteten Maßregeln verwerfen und dafür den Boden Europas immunisieren solle, weil, wenn das erreicht ist, die Cholera, wenn auch eingeschleppt, sich ebensowenig, wie in Lyon, ausbreiten wird, ruht nicht auf so festen Grundlagen, als so wichtige Maßnahmen, wie die Abwehr der Cholera, beanspruchen würden. Ueberdies ver-

*) In Wien, Budapest, Leipzig und Prag sind die Kanalisationsanlagen nichts weniger als befriedigend, auch nicht viel besser geworden, und trotzdem hat die Disposition dieser Orte für Cholera abgenommen, wogegen Hamburg mit seiner ältesten und relativ guten Kanalisation zu einem Choleraherd wurde. In Lyon ist das Grundwasser infolge Regulierung des Rhonebettes um einen Meter gefallen (Koch), und trotzdem wurde Lyon nicht zu einem Choleraort, sondern blieb immun, wie es war.

möchten wir nicht einmal anzugeben, in welchen Zustand eigentlich der Boden gebracht werden und was geschehen soll, um ihn immun zu machen, und wir wären nicht imstande, zu unterscheiden, wo diese Immunisierung bereits gelungen ist und wo nicht.

Doch ist die Cholera offenbar nicht von solchen spezifischen Bodeneigenschaften, sondern davon abhängig, wo und wann die Cholerakeime einen ihrer Erhaltung, Vermehrung und Uebertragung auf die Menschen günstigen Ort (Medium) und auf einen günstigen Zeitpunkt treffen, also eine warme und feuchte Oberfläche am Boden, in Gebäuden, Höfen, Straßen, auf Fußböden und Mauern, in Gewässern, Flüssen, Pfützen, Brunnen, in Nahrungsmitteln etc., und wo sie für diese Krankheit besonders disponierte, derselben weniger widerstehende Menschen, nämlich in Häusern mit verunreinigtem Boden, Wasser und Luftkreis wohnende, körperlich unreine, schlecht genährte und überhaupt arme Personen vorfinden.

So viel aber können wir mit Recht hoffen, daß es gelingen wird, diese Dinge, welche die Cholera auf der Oberfläche züchten, und die zur Cholera disponierenden Unreinigkeiten aus der Umgebung unserer Wohnungen zu entfernen und uns dadurch mit relativ geringer Mühe eine partielle Immunität zu sichern, welche um so beruhigender wirken muß, je mehr es außerdem gelingt, die Einschleppung der Keime einzuschränken oder die eingeschleppten Keime bei Zeiten zu vernichten und zu verhindern, daß sie in der Ortschaft überallhin verschleppt werden und hier und da doch eine günstige Zuchtstätte vorfinden könnten.

Wenn man, neben der Bekämpfung dieser Oberflächenbedingungen für die Fortpflanzung der Cholerakeime und für die Disposition auch noch die Fernhaltung von Unreinigkeit und Feuchtigkeit, Zersetzung und Infektion auch vom Innern des Bodens urgiert und erreicht, so wird unsere Hoffnung auf eine Verhütung von Choleraepidemien nur um so berechtigter sein.

Nach alledem müssen wir die Beteiligung des Bodens an der Verbreitung der Cholera wohl für wesentlich, aber keineswegs für ausschlaggebend und noch weniger für ausschließlich und spezifisch halten.

Die erhöhte Lage muß man als vorteilhaft anerkennen, weil dort die Oberfläche reiner und trockener sein, und weder das Gedeihen der Cholera, noch die Fäulnis fördern wird; wenn sie aber trotzdem verunreinigt ist, wie z. B. in den oberen Stadtteilen von Gibraltar, so wird es nur natürlich erscheinen, wenn die Cholera auch bei dieser erhöhten Lage sich ausbreitet. Andererseits kann auch die größere Disposition der ebenen, feuchten, im Boden verunreinigten Gebiete, Ortschaften, Stadtteile und Häuser dadurch erklärt werden, daß hier die Cholerakeime reichlichere Gelegenheit zum Gedeihen und mehr Schutz vor dem Austrocknen vorfinden, auch die Bevölkerung durch Schmutz und Fäulnis mehr disponiert ist. Auf derselben Grundlage halten wir den Boden im Sommer und Herbst, wenn er durchwärmt ist, zur Verbreitung der Cholera zeitlich disponiert, den im Winter und Frühling kalten Boden aber nicht. Zu dieser letzteren Jahreszeit müssen die Ursachen zur überhaupt seltenen und ausnahmsweisen Reproduktion der Cholera anderswo (in den geheizten Wohnungen oder eventuell in der Infektion von Wasser, Milch und Aehnlichem) bestehen.

Wir halten also auch die Assanierung des Bodens zur Abwehr und Einschränkung der Cholera für ein wichtiges, aber nicht für das einzige und sichere Mittel. Insbesondere werden wir die Reinhaltung der Oberfläche des Bodens urgieren, aber auch die tieferen Bodenschichten nicht vernachlässigen, weil diese mit ihrer Verunreinigung und Feuchtigkeit den Zustand der Gebäude und des Trinkwassers beeinflussen und dadurch einerseits die Chancen der Cholerabakterien zur Vermehrung, andererseits die Disposition der Bevölkerung für Cholera erhöhen können.

Die eingehendere Erörterung der Rolle, welche Wohnungen, Ernährung, Trinkwasser etc. bei der örtlichen und zeitlichen Verbreitung der Cholera spielen, gehört in andere Kapitel dieses Handbuches.

## 5) Beziehungen des Bodens zum Abdominaltyphus.

### Oertliche Verhältnisse.

Buhl hat im Jahre 1865 die Grundwasserbeobachtungen, welche Pettenkofer in München zum Studium der Cholera anstellte, verwertet und die Schwankungen des Grundwassers mit denen der Typhusmortalität im Münchener Krankenhause verglichen. Dies führte ihn zu der überraschenden Thatsache[93], daß zwischen den Schwankungen des Grundwasserstandes und der Extensität und Intensität der Erkrankungen an Abdominaltyphus ein Zusammenhang besteht. Seitdem bildet der Kausalnexus zwischen Typhus und Bodenverhältnissen eine der wichtigsten und rätselhaftesten Fragen der Hygiene.

Die lokale Verbreitung des Typhus ist viel weniger beschränkt als die der bisher behandelten Krankheiten. Er ist nicht, wie Gelbfieber und Cholera, an gewisse Klimate gebunden, sondern kommt überall vor; es werden nicht einmal Gegenden oder Städte genannt, die durch eine besondere Disposition oder Immunität auffallen würden. Das am ehesten hervortretende lokale Moment ist noch, daß der Typhus in den großen Centren des kommerziellen und industriellen Verkehrs häufiger als in ländlichen Bezirken vorkommt (Hirsch)[94]. Die Behauptung von Mayne[95], daß der Typhus auf Urgesteinen weniger vorherrschend ist, als auf alluvialem Boden, wird höchstens ganz allgemein acceptiert, und von Colin[96] auch in diesem Sinne bestritten.

Trotzdem ist ein gewisser Unterschied hinsichtlich der örtlichen Disposition für Typhus in Städten nicht zu leugnen. Derselbe wird z. B. durch die Verbreitung des Typhus in Frankreich sehr gut illustriert, wo nach dem Bericht von Brouardel[97] die Typhusmortalität der einzelnen Departements überaus verschieden ist; an der Spitze stehen Corsica und die Süddepartements. Noch auffallender ist das Verhalten des Typhus unter dem Militär. Die mittlere Jahres-Typhusmortalität in verschiedenen Garnisonen betrug in den 13 Jahren 1872—84 pro 10000 Mann

| | | |
|---|---|---|
| in | Carcassonne | 120,5 |
| „ | Troyes | 117,4 |
| „ | Toulon | 104,1 |
| „ | Brest | 103,3 |

dagegen

| | | |
|---|---|---|
| in | Lille | 3,7 |
| „ | Châlons s. M. | 4,3 |
| „ | Arras | 4,8 |
| „ | Douay | 5,9 |

Der Unterschied beträgt somit mehr als das 30-fache, und können Lille, Arras etc., mit den übrigen Garnisonen verglichen, füglich immune Städte genannt werden, obschon es im Vergleich zu Carcassonne und Troyes industrie- und verkehrsreiche Orte sind.

Für örtliche Einflüsse spricht auch die Beobachtung, daß die Krankheit sich zähe an gewisse eng umschriebene Orte, Stadtteile, zuweilen an einzelne Häuser, im allgemeinen an Kasernen, Gefängnisse, Arbeiterkolonien, Waisenhäuser, Wirtschaftshöfe etc. hält[98].

Lehrreich ist auch die Beobachtung, daß die Seuche durch Typhuskranke an einen Ort eingeschleppt werden kann, und es hier trotz Verkehr mit den Kranken doch nicht zu einer Epidemie kommt. Solche Erfahrungen wurden in Deutschland im Kriegsjahre 1870/71 im großen Maßstab gesammelt, indem die unter den auf viele Orte verteilten französischen Gefangenen vorgekommenen Typhusfälle eine Verbreitung der Krankheit nicht bewirkten. In Lyon wurden während einer heftigen Typhusepidemie im Jahre 1874 die Schüler eines Internates nach Hause entlassen, wo viele von ihnen erkrankten, aber eine weitere Verbreitung der Seuche nicht verursachten (Rollet)[99].

Schon aus diesen Erscheinungen muß gefolgert werden, daß zur epidemischen Verbreitung des Typhusstoffes die einfache Ansteckung und Verschleppung durch Kranke, dann der industrielle und kommerzielle Verkehr für sich ganz und gar nicht ausreichen. Diese Verbreitung wird vielmehr durch örtliche Verhältnisse beeinflußt — nur frägt es sich, worin diese örtlichen Faktoren bestehen und welche Rolle unter denselben dem Boden zufällt. Denn daß beim Zustandekommen von Typhusepidemien außer dem Boden auch andere örtliche Faktoren regulierend mitwirken können, läßt sich nicht länger bezweifeln. Daß namentlich durch Typhuserreger infiziertes Wasser und Nahrungsmittel (Milch) Träger und Verbreiter derselben werden können, erhellt nicht bloß aus Beobachtungen, die in diesem Sinne gedeutet werden können, sondern geht schon aus den Ergebnissen direkter bakteriologischer Untersuchungen hervor. Die Würdigung der einschlägigen reichen Litteratur gehört aber in die Kapitel Wasser (Band I) und Epidemiologie (Band IX) dieses Handbuchs*).

Ebensowenig kann bezweifelt werden, daß der Typhus ohne alle Beteiligung des Bodens epidemisch werden kann, so z. B. auf Schiffen.

Ob aber bei alledem auch dem Boden eine Rolle in der Verbreitung des Typhus zufällt, und welche, das wollen wir im Folgenden untersuchen.

Die erhöhte oder tiefe Lage, dann die Feuchtigkeit des Bodens scheinen auch den Typhus, obschon nicht in der augenfälligen Weise, zu beeinflussen, wie die Cholera. In Budapest finden sich die Typhus-

*) Dafs auch das Trinkwasser ein Träger von Typhuskeimen sein kann, wird neuestens auch von den vornehmsten Anhängern der Pettenkofer'schen Schule, namentlich von Soyka[100] konzediert, und auch Pettenkofer[101] giebt eine Verbreitung der Typhuserreger durch Wasser zu.

fälle auf demselben vertieften Gebiet mit oberflächlichem Grundwasserstand gruppiert, wo auch die Cholerafälle sich, jedoch noch auffallender häuften[102]. In München zeigt der Typhus ein umgekehrtes Verhältnis zur Höhenlage des Bodens[103] und tritt näher zur Isar, in den tiefer und feuchter gelegenen Kasernen und Stadtteilen viel heftiger auf, als in den von der Isar entfernter, höher gelegenen (70,0 und 6,2 pro Mille Iststärke). Daß dieser große Unterschied einfach durch das Trinkwasser, oder durch den verschiedenen Unreinlichkeitsgrad der einzelnen Kasernen sollte verursacht sein — woran man beim Typhus auch denken könnte — läßt sich nach der von Port gelieferten Beschreibung doch nicht annehmen.

Es giebt aber auch beim Typhus, wie bei der Cholera eine große Anzahl widersprechender Beobachtungen, wo der Typhus gerade in den hochgelegenen Stadtteilen und Ortschaften, eventuell sogar heftiger vorherrschte, als in den nebenan tiefer gelegenen[104]; doch können solche Fälle immerhin als Ausnahmen gelten und werden auch durch die Berichterstatter so gedeutet.

Die Bodenverunreinigung findet man in den Typhusherden konstant erwähnt, nur daß sie leider meist nur auf Grund von Schätzungen darum behauptet wird, weil man in der Nähe der Typhushäuser schlechte Aborte, Kehrichtgruben, Schweineställe u. a. gefunden hat. Besonders reich an solchen Angaben sind die englischen Sanitätsberichte[105].

Zu Budapest hat Fodor in der bei der Cholera beschriebenen Weise (S. 175) Typhushäuser (99) und typhusfreie Häuser (97) untersucht und für den Kilo Erde im Mittel für 1, 2 und 4 m Tiefe folgende Mengen organischen Stickstoffs gefunden:

| | Milligramme | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | < 100 | 100—200 | 200—400 | 400 > | |
| Typhushäuser | 4 Proz. | 24,3 Proz. | 45,8 Proz. | 25,9 Proz. | der Häuser |
| Typhusfreie Häuser | 12 „ | 17,9 „ | 47,9 „ | 22,4 „ | |

In den Typhushäusern war also der Boden durchschnittlich mehr verunreinigt. Dieselben Untersuchungen ergaben auch, daß der Boden dort häufiger in Fäulnis begriffen (reich an Ammoniak) war, als in den typhusfreien Häusern[106].

Am meisten stimmen die Beobachtungen darin überein, daß die an der Oberfläche verunreinigten Häuser die Typhushäuser sind. Die oben erwähnten englischen Berichte äußern sich einstimmig in diesem Sinne. Man beobachtet aber auch, daß der Typhus an Orten, wo eine vorübergehende, aber starke Ansammlung von Menschen stattfindet — wie. z. B. in Lagern (Sebastopol, Plevna), bei großen öffentlichen Bauten — sich so außerordentlich rasch einstellt, daß die Verunreinigung noch unmöglich bis in die tieferen Bodenschichten konnte eingedrungen sein.

Der Einfluß der Grundluft auf den Typhus wurde von Vogt in Basel[107] behauptet, doch haben direkte Untersuchungen in dieser Richtung nichts Positives feststellen können (Fodor). Yersin berichtet neuestens[108], daß der Typhus in Meiringen wiederholt zu Zeiten auftrat, als der Boden durch Erdarbeiten aufgewühlt wurde. Diese an und für sich interessante Beobachtung kann aber als alleinstehend nicht schwer in die Wagschale fallen.

Beachtenswert ist auch der Umstand, daß Cholera und Typhus nicht für dieselben Orte Vorliebe zeigen. Lyon, wo die Choleraimmunität am ausgesprochensten ist, hat vom Typhus stark zu leiden, und auch

Versailles, Stuttgart, Würzburg und andere gegen Cholera immune Orte sind Typhusstädte (Pettenkofer)[109].

Nach alledem kann man konstatieren, daß der Typhus mit den örtlichen Verhältnissen, mit einer vertieften, feuchten Lage und Verunreinigung des Bodens wohl einigen Zusammenhang erkennen läßt, doch zeigt sich dieser Nexus nicht mit einer strengeren Gesetzmäßigkeit. Wenn wir also einerseits als wahrscheinlich behaupten können, daß der tiefgelegene, feuchte, verunreinigte Boden auf die epidemische Verbreitung des Typhus ganz allgemein in irgend einer Weise einzuwirken scheint, sind wir andererseits doch nicht berechtigt, zu behaupten, daß dieser Einfluß irgendwie entscheidend und unerläßlich wäre.

## Zeitliche Verhältnisse.

Wir wollen nun den Boden und den Typhus auf ihre zeitlichen Verhältnisse vergleichen.

Zunächst können wir konstatieren, daß die auffallende Abhängigkeit von der Wärme und Jahreszeit, welche bei der Cholera so charakteristisch ist und für eine ektogene Vermehrung der Choleraerreger am entschiedendsten spricht, beim Typhus beinahe gänzlich vermißt wird, indem diese Krankheit nicht die Vorliebe für warme Gegenden und Jahreszeiten zeigt, wie die Cholera*).

Hirsch giebt die Morbiditäts-, resp. Mortalitätszahlen für Typhus nach Jahreszeiten von 23 europäischen und amerikanischen Großstädten (darunter auch aus Schweden, Bayern und Nassau), woraus die folgende Verteilung des Sterbe- und Erkrankungsverhaltnisses auf die einzelnen Jahreszeiten erhellt. Von 100 Todesfällen entfielen auf den

| Frühling | Sommer | Herbst | Winter |
|---|---|---|---|
| 16,5 | 23,5 | 35,5 | 24.5 |

Der Unterschied zwischen den einzelnen Jahreszeiten ist zwar nicht bedeutend, doch zeigt der Herbst immerhin die höchste, das Frühjahr die niederste Verhältniszahl.

Nach einer neueren Zusammenstellung, in welche Soyka 13 Städte einbezogen hat[111], entfallen von den einzelnen Jahreszeiten auf den

| Frühling | Sommer | Herbst | Winter |
|---|---|---|---|
| 20.8 | 23,0 | 30.2 | 24,7 |

Auch hier tritt der Unterschied zwar in ähnlichem Sinne, aber noch geringer hervor. Es giebt aber Städte, wo der Typhus im Winter und sogar im Frühjahr häufiger auftritt, als in den übrigen Jahreszeiten. So fällt die maximale Typhusmortalität in München auf den Winter, in Wien und Prag auf das Frühjahr. In Budapest fand ich die größte Typhussterblichkeit für die Jahre 1863—1887 im

| | | |
|---|---|---|
| Frühling | (März bis Mai) | 6 mal |
| Sommer | (Juni bis August) | 9 „ |
| Herbst | (September bis November) | 4 „ |
| Winter | (Dezember bis Februar) | 6 „ |

*) Nach Brouardel[110] beträgt die Anzahl der Typhustodesfälle des französischen Militärs auf 10000: in Frankreich 28,9, in Algier 43,84, und in Tunis sogar 149,23. Ob das wohl dem wärmeren Klima und nicht vielmehr den Occupationsbeschwerden zugeschrieben werden mufs? Ich halte letzteres für wahrscheinlicher.

das heißt: die meisten Typhustodesfälle wurden im Sommer, die wenigsten im Herbst registriert*).

Solche Widersprüche sind imstande, die Beobachtung, daß die allgemeinen Mittelwerte den Herbst als Typhusjahreszeit charakterisieren, aller Bedeutung zu entkleiden. Der Typhus ist an keine Jahreszeit gebunden.

Jene Beobachtungen aber, wonach Typhusepidemien auch im Winter, Frühling und Sommer kulminieren, lassen es überhaupt zweifelhaft erscheinen, ob der Typhus durch was immer für biologische Prozesse im Boden (Zersetzung, Bakterienproduktion), ob in den oberflächlicheren oder tieferen Schichten, überhaupt beeinflußt würde, da ja der Boden bekanntermaßen im Winter und Frühjahr am kältesten ist, und zwar von der Oberfläche bis auf die tieferen Schichten hinab, und infolgedessen allem organischen Leben, besonders einem bakteriellen, sich feindlich entgegenstellt.

Demgegenüber steht aber der Buhl-Pettenkofer'sche zeitliche Zusammenhang zwischen Typhus und Grundwasserschwankungen. Soyka hat eine Anzahl einschlägiger Daten zusammengestellt[112], namentlich einerseits die Monatswerte von Typhusfällen und Grundwasserstand, andererseits die jährliche Anzahl der Typhussterbefälle mit den Jahresmitteln der Grundwasserstände für eine längere Reihe von Jahren verglichen und behauptet, daß in den von ihm eingehender untersuchten Städten (d. i. München, Berlin, Bremen, Frankfurt a. M. und Salzburg) „der Rhythmus des Abdominaltyphus im allgemeinen der umgekehrte Rhythmus der Grundwasserschwankungen ist", ferner daß „einer jeden größeren Typhusepidemie ein tiefer Stand des Grundwassers, einem jeden besonders hohen Stand des Grundwassers eine geringere Frequenz des Typhus entspricht".

Aus der von Soyka gegebenen graphischen Darstellung der Grundwasser- und Typhusschwankungen geht dieser Rhythmus in der That mit aller Entschiedenheit hervor. Höchstens könnte man aus den Kurven eher die ursprüngliche Folgerung von Buhl herauslesen, daß nämlich der Typhus bei dem auf einen hohen Stand folgenden Sinken des Grundwassers am intensivsten zunimmt, da es in den Tafeln von Soyka vorkommt, daß das Grundwasser noch weiter und lange anhaltend sinkt, während auch schon der Typhus abzunehmen anfängt, und daß wieder dieser noch weiter abnimmt, wenn das Grundwasser bereits im Steigen begriffen ist. Am auffallendsten ist jene Uebereinstimmung gerade in München in den Jahren 1856 bis 1881; doch blieb auch in München der Typhus seit 1881 fortwährend auf einem tiefen Stand und hat sich trotz sinkendem Grundwasser nicht wieder, wie in den vorangegangenen 25 Jahren, erhoben — der Zusammenhang zwischen Typhus und Grundwasser hat in München seit 1881 aufgehört (Vergl. Taf. I. S. 200).

Die Beweiskraft dieser Daten wird noch durch folgende Thatsachen er-

*) In der Typhusepidemie von 1864/65, der größten, welche Budapest in den letzteren Jahrzehnten aufzuweisen hat, kulminierte die Sterblichkeit in den Monaten Dezember bis März, in 1867 war das im April bis Juni, in 1867/68 im Dezember bis März, in 1873 im Juni bis August, in 1874 im Mai bis Juli, in 1877 im April bis Juli der Fall, also den Herbst ausgenommen, wurde Kulmination einer Epidemie zu jeder Jahreszeit beobachtet.

höht: in Berlin und Frankfurt a. M., wo das Grundwasser im März und April rapide sinkt, fängt die Typhussterblichkeit im Mai und Juni an rapid zuzunehmen, und da die Infektion infolge der langen Krankheitsdauer und der Inkubation wenigstens um 1—$1^1/_2$ Monate vor der Ablebenszeit stattgefunden hat, fällt die Typhusinfektion zeitlich genau mit dem Sinken des Grundwassers zusammen. Wichtig ist ferner, daß in München sowohl das Sinken des Grundwassers im Juli und August, also viel später als in Berlin und Frankfurt a. M. eintritt, als auch das Ansteigen der Typhusmortalität mit entsprechender Verspätung, im Oktober bemerkbar ist, sodaß die Zunahme der Infektionen auch hier mit dem Sinken des Grundwassers zusammenfallen mußte, obschon zu einer ganz anderen Jahreszeit.

Man hat wiederholt versucht, diese Typhusschwankungen nicht mit dem Grundwasser, sondern mit den Regenfällen zu vergleichen, und in der That verhalten auch diese sich ganz analog zum Typhus, wie das Grundwasser, was leicht verständlich ist, da ja die Ursache der Grundwasserschwankungen in der zeitlichen Verteilung der Regenmenge ihre vornehmste Quelle hat. Die Uebereinstimmung ist aus den Münchener Daten[113] sehr gut zu entnehmen, wo die Mittelwerte für jährliche Regenmengen, Grundwasser und Typhusfälle zusammengestellt sind. (S. Taf. I, S. 200.)

Außer in den genannten Städten hat man auch anderswo eine solche Gegenseitigkeit von Typhus und Grundwasserschwankungen, resp. Regenfällen beobachtet oder wenigstens behauptet, — obschon zumeist auf Grund von entfernt nicht so exakten Beobachtungen, wie die obengedachten, — so in Paris (Vallin), in London (Latham[114]), in Prag (Przibram und Popper[115]), in Michigan (Baker[116]), in Hamburg (Reincke[117]), in Köln (Flatten[118]) u. a. m.

Diese Angaben sind jedenfalls auffallend und verdienen — besonders die von Soyka beschriebenen und auf genauer untersuchte 5 Städte bezüglichen — volle Beachtung. Trotzdem können wir den Einfluß des Grundwassers auf den Typhus doch nicht als allgemein giltiges ätiologisches Gesetz bewiesen erachten, und das aus mehreren Gründen.

Erstens weil die meisten Angaben über Typhus und Grundwasserschwankung auf ganz unzulänglichen Beobachtungen fußen, einer Kritik, im Sinne des unter Grundwasser Kapitel III Seite 68 Hervorgehobenen, gar nicht standhalten können. Jene 5 genauer beobachteten Städte aber, die Soyka in Betracht zog, bilden wohl ein allzu geringfügiges Material, um eine so wichtige, mysteriöse, mit anderen wissenschaftlichen Angaben im Widerspruch stehende Sache endgiltig zu beweisen. Dann ist die Zusammenstellung von Soyka einseitig, weil sie die widersprechenden Daten ignoriert, und bloß die zustimmenden berücksichtigt. So sind z. B. gleich die umfassenden und eingehenden Arbeiten Fodor's über Typhus und Grundwasser in Budapest[119] unberücksichtigt geblieben. Fodor hat in Budapest für die Jahre 1863 bis 1880 den Typhus mit den Regenfällen und Donauwasserständen, für 1875 bis 1880 aber auch mit den Grundwasserschwankungen verglichen. Aus seiner Tafel ist es ersichtlich, daß, wenn in Budapest ein Einfluß des Donau- resp. Grundwasserstandes und des Regens auf den Typhus überhaupt besteht, er dem in München beobachteten gerade entgegengesetzt ist, weil der Typhus im großen Ganzen häufiger mit hohen Donauständen und Regenmengen als mit Tiefwasser und trockener Witterung koincidiert.

Diese Erfahrung wird auch durch die in Budapest angestellten neueren Beobachtungen bestätigt, bei welchen ich bis 1892 den zeitlichen Verlauf des Typhus von Monat zu Monat und von Jahr zu Jahr mit den Regenmengen sowie mit den Schwankungen des Grundwassers im Brunnen des Krankenhauses zu St. Rochus verglichen habe*). Es ergab sich, daß die 1877er Epidemie von April bis Juni mit tiefem Jahresstand des Grundwassers zusammenfiel, aber mit dem Steigen des Grundwassers anfing und mit dessen Sinken aufhörte. Die Winterepidemie 1878/79 fiel auf steigendes und am höchsten stehendes Grundwasser. In 1880 war bei hohem Wasserstand der Typhus wohl gering, aber in 1881 fiel auf einen noch höheren Wasserstand eine starke Epidemie, welche auch mit dem Wasserspiegel parallel anstieg. In 1883/84 steht das Grundwasser höher, der Typhus fällt ab, in 1885 das Grundwasser sehr tief, der Typhus noch tiefer. Im Herbst 1888 bei hohem Grundwasserstand Zunahme, im Juli bis September 1889 Ausbruch des Typhus, bei sehr hohem Stand und langsamem Steigen des Grundwassers; in 1890 tieferes Grundwasser, sehr wenig Typhus; in 1891/92 wieder sehr hohes Grundwasser, mäßig ansteigender Typhus. Ganz Aehnliches ist aus der beigegebenen Tafel II (S. 201) zu ersehen, auf welcher die Jahresziffern von Typhussterblichkeit, Regenmenge, sowie der Jahresdurchschnitt der Grundwasserschwankungen und endlich die Population von Budapest (von 1863 bis 1873 bloß die Bevölkerung und auch die Typhusfälle in den Stadtteilen links der Donau), analog zu Pettenkofer's Tabelle (S. 200) verzeichnet sind. Aus diesen Daten und aus der Tabelle ist ein konsequenter Zusammenhang zwischen Typhus und Grundwasser resp. Regenmenge nicht, und höchstens so viel zu entnehmen, daß der Typhus eher mit dem steigenden und hoch stehenden Grundwasser und mit regnerischer Witterung als mit dem sinkenden und tief stehenden Grundwasser resp. mit einem trockenem Jahr oder einer trockenen Jahreszeit zusammenfiel.

Doch liegen auch mehrere Angaben vor, nach denen die Vergleichung von Typhus und Grundwasserschwankungen zu einem ähnlichen negativen Ergebnis führte. So haben Socin, dann Biermer[120] in Basel schon vor längerer Zeit diesen Zusammenhang vermißt, was durch neuere Angaben aus dieser Stadt bestätigt wird[121]. Nach Krügkula ist der Typhus in Wien im Jahre 1877 zu einer Zeit ausgebrochen, als das Grundwasser nach vorhergegangenem tiefen Stand sich zu erheben begann[122] **). Zu ähnlichen Resultaten kam auf Grund sehr eingehender Studien Flinzer in Chemnitz[123]; Fränkel und Piefke haben sogar den früher in Berlin bestandenen Zusammenhang von Typhus und Grundwasser während der 1889er Epidemie vermißt[124]. Auch hinsichtlich des Einflusses der Regenfälle lauten die Erfahrungen widersprechend; so hebt z. B. Pagliani hervor, daß die starke Epidemie zu Paris im Jahre 1882/83 mit außerordentlichen Regenfällen zusammenfiel[125].

---

*) Dieser Brunnen liegt inmitten des von Cholera und Typhus am meisten heimgesuchten Gebietes und eignet sich zum Vergleich der Grundwasserstände auch wegen seiner entfernten Lage von der Donau, deren Stauwirkung hier wenig fühlbar ist. Die Schwankungen des Brunnenspiegels verlaufen auch — wie aus Tafel II (S. 201) ersichtlich — mit den Regenmengen — ebenso wie in München — parallel.

**) Diese Epidemie wurde übrigens von anderen (Drasche) dem Trinkwasser zugeschrieben.

Aus alledem muß aber offenbar gefolgert werden, daß der Buhl-Pettenkofer'sche Einfluß von Grundwasserschwankungen auf den Typhus — als ein maßgebendes ätiologisches Moment — nicht genügend bewiesen ist. Doch wenn er auch als bewiesen angenommen würde, so könnte doch niemand erklären, wie das Grundwasser diesen Einfluß ausübt.

Am natürlichsten mag noch die Vorstellung sein, daß die Typhuserreger mit den Darmentleerungen in Aborte und Siele gelangen, von dort in den Boden aussickern, hier, wenn Porosität, Feuchtigkeit und Wärme (Herbst) günstig sind, und der nötige Luftzutritt möglich ist (bei sinkendem Grundwasser, mangelndem Regen), sich vermehren, in das Grundwasser oder mit der Grundluft ins Freie und in die Wohnungen gelangen. Die zähe Lebensfähigkeit der Typhusbacillen läßt einen solchen Vorgang in der Erde als nicht unmöglich erscheinen. Doch werden alle ähnlichen Züchtungstheorien durch die oben erwähnte Erfahrung zu Schanden und überflüssig gemacht, daß der Typhus häufig genug zu einer Zeit seine epidemische Entwickelung erlangt, wenn der Boden gerade am kältesten und inaktivsten ist. Ferner ist eine Wanderung der Typhusbacillen in den Bodenschichten im Innern der Erde mehr als unwahrscheinlich, wenn man bedenkt, wie stark das Binde- und Filtriervermögen des Bodens ist, wie langsam die Filtration vor sich geht, und daß Bakterien unterhalb 1—2 m Tiefe überhaupt nur mehr vereinzelt vorkommen und sich hier noch weniger zu vermehren vermögen.

Ein spezifischer Lebensprozeß und ein Wandern der Typhusbacillen im Innern des Bodens, im Bereiche der Grundwasserschwankungen läßt sich also nicht einmal recht vorstellen.

Manche Autoren wollten die Frage im Zusammenhange mit dem Grundwasser durch die Annahme erklären, daß beim Sinken des Grundwassers in den Brunnen das Wasser weniger und sein Gehalt an organischen Substanzen konzentrierter wird, beziehentlich daß die Unreinlichkeiten aus Abtrittgruben und Sielen in größerer Menge aussickern als bei hohem Grundwasserstand (Buchanan[126], Baker[127], Cornil[128]). Solche Ansichten habe ich schon oben (S. 134) als unannehmbar bezeichnet. — Fodor hat für Budapest nachgewiesen, daß durch Hochwasser in der Donau die Grundwässer in ihrem Abfluß nach der Donau aufgehalten werden, also beim Steigen des Donaustandes sich aufstauen und im verunreinigten Boden um die Brunnen herum stagnieren, während bei niederem Donaustand das Grundwasser nach den Fluß rascher abfließt und daher in der Umgebung der Brunnen weniger Verunreinigung aufnehmen wird. Auf Grund dieser Thatsache hat Fodor die Frage aufgeworfen, ob nicht das häufigere Auftreten von Typhusepidemien in Budapest beim Steigen des Grundwassers hierin seine Ursache hat. Mit dieser Auffassung würde auch die andere Thatsache übereinstimmen, daß im Gegensatz zu Budapest in München und an anderen Orten das Grundwasser eher beim Sinken langsamer fließen und stagnieren, also das Brunnenwasser mehr wird verunreinigen können. Wie weit diese Hypothese begründet oder unrichtig ist, das vermögen wir, mangels genügender positiver Untersuchungen, nicht zu entscheiden, und gehört eine eingehendere Erörterung derselben in das Kapitel Trinkwasser (siehe Bd. I dieses Handbuchs); doch will ich so viel bemerken, daß z. B. in München, Danzig etc. auch nach Einrichtung des Wasserwerkes (also ohne Brunnenwasser) Typhusepidemien vorkamen

(Pettenkofer)[129], und daß in Budapest während der Typhusepidemien in den Jahren 1873, 1874, 1877 etc. auch die Bewohner von mit Leitungswasser versehenen Häusern von der Krankheit ergriffen wurden, obschon in viel geringerem Verhältnis als die auf Brunnenwasser angewiesene Bevölkerung (Fodor).

Nach alledem kann ein Kausalnexus zwischen Grundwasserschwankungen und Typhus nicht bewiesen und noch weniger erklärt werden.

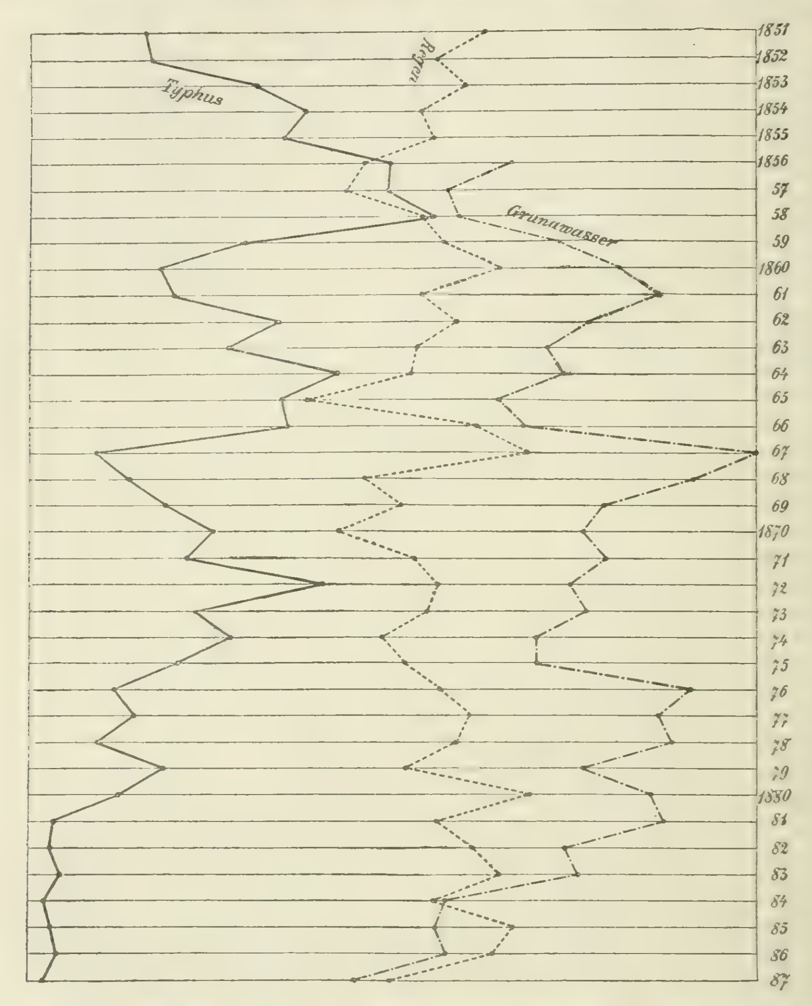
Wenn nun aber zwischen Typhusepidemien und Grundwasserschwankung resp. Regenverhältnissen ein engeres, ein gesetzmäßiges Zusammengehen nicht nachweisbar ist, so kann ebensowenig ein engerer Zusammenhang zwischen Typhus und jenen Prozessen angenommen werden, welche mit den Grundwasserschwankungen und den Regenverhältnissen in Verbindung stehen und von welchen die Grundwasserschwankungen nach Pettenkofer nur den Anzeiger abgeben sollten, wie die Befeuchtung und die Austrocknung der über dem Grundwasser gelagerten Bodenschichten, ferner die infolge jener wechselnden Feuchtigkeit auftretenden Zersetzungsprozesse im Innern des Bodens.

Die Aufrechthaltung eines kausalen und notwendigen Zusammenhanges zwischen Typhusepidemie und Grundwasserschwankung resp. Regenverhältnissen wird aber um so schwieriger, wenn man auch das übrige epidemiologische Verhalten des Typhus in Betracht zieht. Wie will man z. B. erklären, daß der Typhus in zwei nebeneinander, auf demselben Boden und über demselben Grundwasser gelegenen Häusern sich so verschieden verhält, wie das durch die Budapester Untersuchungen hinreichend illustriert wird? Wie soll man es verstehen, daß der Typhus an manchen Orten, besonders wo eine Anhäufung menschlicher und tierischer Abfallstoffe stattfindet, z. B. in Arbeiterkolonien, auf Lagerplätzen, auf Schiffen etc. sich so rasch entwickelt und ausbreitet, daß es — mit Rücksicht auf das hohe Bindevermögen der Bodenoberfläche — zu einem Eindringen von Typhuskeimen in den Boden bis zum Wirkungsbereich des Grundwassers einfach an Zeit mangelt?

Insbesondere spricht aber die in neuerer Zeit konstatierte wunderbare Abnahme des Typhus in den meisten Großstädten gegen eine tiefere Bedeutung der Bodenverhältnisse. Diese Beobachtung wird ganz allgemein gemacht. In München stand der Typhus in den 50er Jahren noch auf 200—300 pro 100000, seit 1881 ist er rapid auf 10—20 heruntergegangen, und dasselbe gilt für Danzig seit 1875, für Berlin, wo der Typhus auf 18—19 zurückging (Pettenkofer, Soyka), für Breslau (Schweidler)[130], für Wien, Budapest u. s. f. Pest hatte in den Jahren 1865—70 eine mittlere Typhusmortalität von jährlich 443, bei durchschnittlich 185000 Einwohnern, in den Jahren 1888—92 aber bloß jährlich 196 bei durchschnittlich 500000 Einwohnern (239, resp. 39 pro 100000).

Die Ursache dieser raschen und allgemeinen Abnahme kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in mehreren Momenten gesucht werden, unter welchen aber die im Boden und den Bodenverhältnissen eingetretenen Veränderungen mit dem bescheidensten Platz müssen vorlieb nehmen. So wird zunächst auf die bessere Wasserversorgung und auf die Kanalisation hingewiesen. Der Einfluß der ersteren ist durch zahlreiche Beispiele mit genügender Entschiedenheit bewiesen, und dasselbe kann von der Kanalisation gesagt werden. Baron[131] hat den Typhus in zahlreichen kanalisierten und nicht kanalisierten

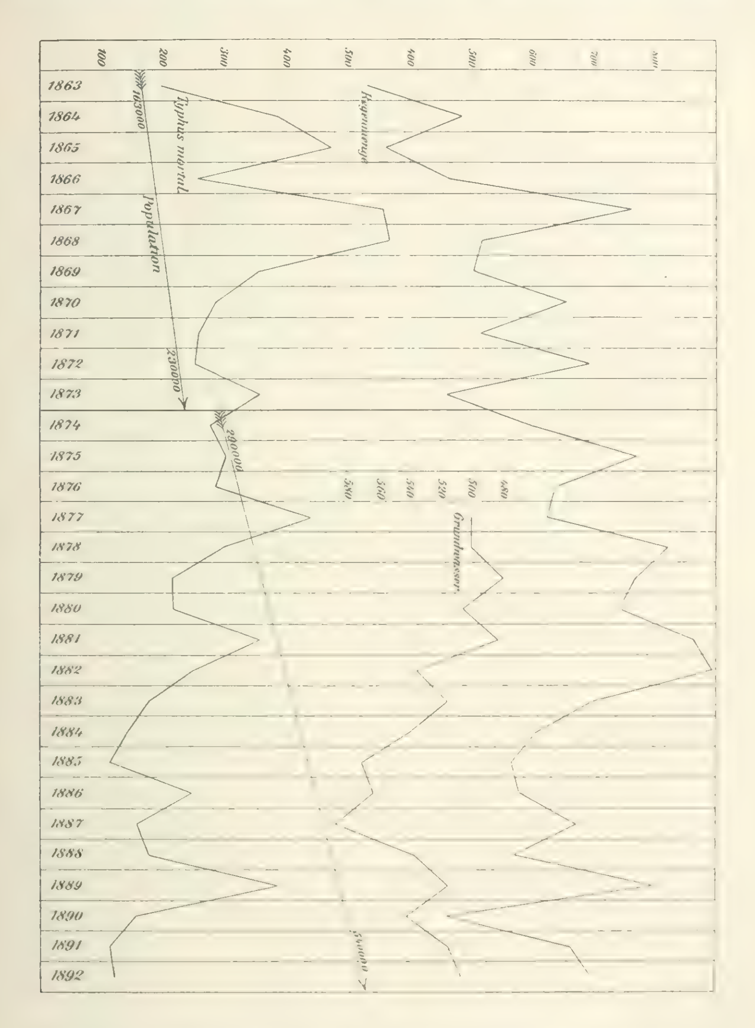
Städten verglichen, und in ersteren günstigere Typhusverhältnisse gefunden. Uebrigens hatte Buchanan[132] schon vor längerer Zeit für eine Anzahl englischer Städte eine Abnahme des Typhus nach der Kanalisation nachgewiesen, welcher auch Virchow zustimmte[133]. Pettenkofer und Soyka schrieben ebenfalls die Besserung der Typhusverhältnisse hauptsächlich der Kanalisation zu. Nach Soyka würden Siele die Abnahme des Typhus dadurch bewirken, daß sie das




Tafel I. Typhus-, Regen- und Grundwasserverhältnisse in München. (Nach Pettenkofer.)

Eindringen der Typhuserreger in den Boden verhindern[134], während nach Pettenkofer die Kanalisation eine Reinigung des Bodens zur Folge hat, bei welcher die Grundwasserschwankungen aufhören von Einfluß zu sein, weshalb der Boden auch keinen Typhus mehr erzeugt[135]. Doch kann ich mich keiner von diesen Ansichten vollinhaltlich anschließen, da der Typhus z. B. auch in Wien und Budapest u. a. O., wo die

Kanalisation nur unbeträchtlich oder gar nicht besser wurde, bedeutend abgenommen hat, und weil die Abnahme der Bodenverunreinigung nach der Kanalisation nur allmählich und langsam stattfinden kann, wogegen der Typhus überhaupt sehr rasch zurückgegangen ist. Eine so rasche Veränderung konnte die Verunreinigung nur auf der Oberfläche des Bodens jener Städte und ihrer Straßen, Höfe und Wohnungen, durch die jetzt allgemein zunehmende öffentliche Reinlichkeit erleiden, und




**Tafel II. Typhus-, Regen- und Grundwasserverhältnisse in Budapest.**

viel weniger in den tieferen, in den Bereich der Grundwasserschwankungen fallenden Bodenschichten. Eine rasche Veränderung konnte ferner das Trinkwasser durch die Wasserleitungen, die Luft der Wohnungen durch die Kanalisation (Closete) erreichen, welche die Exkremente Typhöser und Anderer rasch entfernt, und die Verunreinigung der Luft durch faulige Ausdünstungen der Aborte verhütet.

Es liegt also die Annahme am nächsten, daß die Abnahme der Typhusfälle vielmehr einer Verminderung dieses oberflächlichen Schmutzes und der Fäulnis, als einer Veränderung in den Verhältnissen der tieferen Bodenschichten zugeschrieben werden muß.

Als gute Illustration des Einflusses, welchen der oberflächliche Schmutz der Wohnungen auf die Verbreitung des Typhus ausübt, kann die Angabe Fodor's dienen, daß zu Budapest in den Jahren 1863 bis 1877 auf 10 000 Bewohner an Typhus verstarben (von 1300 untersuchten Häusern):

| | |
|---|---|
| in ganz reinen Häusern . . | 162 |
| in sehr schmutzigen Häusern | 515 |

Daß in diesen Häusern die größeren Verheerungen des Typhus durch den oberflächlichen Schmutz verursacht und nicht von Boden, Grundwasser oder Bodenfeuchtigkeit beeinflußt waren, muß daraus gefolgert werden, daß die untersuchten Häuser wohl auf dem ganzen Stadtgebiet zerstreut aber so ausgewählt wurden, daß typhusfreie und Typhushäuser stets neben einander lagen, daher offenbar nicht in ihren Bodenverhältnissen, sondern hauptsächlich durch den Grad der oberflächlichen Verunreinigung von einander verschieden waren.

Nach Obigem kann der Einfluß des Bodens und der Unreinigkeit auf den Typhus ganz gut in gleichem Sinne aufgefaßt werden, wie wir es bei der Cholera klargestellt haben. Man darf dieser Deutung zustimmen, weil auch die bakteriologischen Thatsachen darauf hinweisen, daß auch die Typhuserreger imstande sind, sich außerhalb des menschlichen Körpers zu erhalten und zu vermehren, und zwar sowohl auf dem Boden, als auch auf anderen feuchten und warmen Gegenständen, wie in Wohnungen, Höfen, Zimmern, ferner in Wasser, Nahrungsmitteln u. s. f. Ein feuchter, verunreinigter Boden und schmutzige, feuchte Wohnungen werden also Typhusepidemien dadurch fördern können, daß sie den Typhuserregern Nährböden darbieten, während dies bei Reinlichkeit, Trockenheit des Bodens und der Wohnungen weniger der Fall ist. Bei unreinlichen Wohnungsverhältnissen können ferner Typhuskeime in den Boden gelangen, hier sich lange erhalten, durch Zerstäubung eventuell in den menschlichen Körper oder in Brunnen gelangen und auf diesen Wegen zu Infektionen führen. Endlich kann der verunreinigte Boden mit seinen Zersetzungsprodukten die Luft und eventuell das Wasser verunreinigen und hierdurch eine Disposition der auf ihm wohnenden Menschen verursachen. (Vergl. das bei der Cholera in ähnlichem Sinne ausführlicher Gesagte auf S. 186—7.)

Wir werden also dem Boden, seiner Feuchtigkeit und Verunreinigung, den Strömungen und Schwankungen des Grundwassers wohl einen Anteil an der Förderung des Typhus zuschreiben, aber den Einfluß der genannten Faktoren nicht für einen spezifischen und unentbehrlichen halten. Denn andere Einflüsse (Wasserleitung, äußerliche, oberflächliche Reinlichkeit in Wohnungen, Abtritten, Sielen, auf dem Boden) scheinen bei der Verbreitung und Beschränkung des Typhus eine noch wichtigere Rolle zu spielen, als der Zustand im Inneren des Bodens.

Diese Erfahrungen berechtigen uns aber zu der Hoffnung, daß es uns gelingen wird, den Typhus in unseren Städten zu bekämpfen, wenn

wir die als wirksam erprobten Mittel anwenden, nämlich: infektionsfreies Wasser, rasche und vollständige Entfernung der Fäkalien und Hebung der öffentlichen und privaten Reinlichkeit.

Trotzdem dürfen wir nicht übermütig werden und uns nicht vorstellen, daß wir die Typhusepidemien ein für allemal aus unseren Städten verbannt haben, weil wir nicht berechtigt sind, bestimmt zu behaupten, daß der Typhus thatsächlich durch die bisher angewendeten Reinigungswerke bekämpft wurde, und weil noch immer gefragt werden kann, ob nicht der Typhus auch ohne diese öffentlichen Werke zurückgegangen wäre, und ob er nicht trotz derselben später einmal, wenn Zeit und Umstände günstig sind, wieder überhand nehmen wird.

Das ist wohl nicht wahrscheinlich, doch darf es auch nicht für unmöglich gehaten werden. Zu Vorsicht mahnen uns einerseits die positiven Ergebnisse der Pettenkofer-Soyka'schen Untersuchungen (s. S. 195), deren Stichhaltigkeit denn doch nicht vollständig widerlegt werden kann, ferner andere Beobachtungen, welche darauf hinweisen, daß die Typhusepidemien offenbar auch von allgemeineren Ursachen abhängig sind, als lokale Verunreinigung, Trinkwasser u. A. So war der Typhus in den Jahren 1872—74 in ganz Europa verbreitet und zeigte auch in 1889 eine allgemeine Exacerbation. Es giebt ja in der Epidemiologie auch genug Beispiele dafür, daß epidemische Krankheiten zuweilen Jahre und sogar Jahrzehnte hindurch an Kraft abnehmen, dann aber um so heftiger auflodern.

Woran es liegt, daß gewisse epidemische Krankheiten Jahre lang mild verlaufen und dann unerwartet einen gefährlichen Charakter annehmen und sich rasch verbreiten (wie z. B. Cholera, Influenza, Pocken und auch Syphilis), sind wir derzeit nicht zu erklären imstande.

## 6. Durchfall (Sommerdiarrhöe, Enterie, Cholera infantum).

Fodor[136] hat die Mortalität an Durchfall in Budapest eingehend studiert und die Vermutung ausgesprochen, daß die epidemische Verbreitung der Enterie unter dem Einflusse der in der oberflächlichen Bodenschicht verlaufenden Zersetzungsprozesse stehe. In der That kann auch für diese Krankheit, welche unter den Kindern so viele Opfer fordert, sowohl eine örtliche, als eine zeitliche Disposition konstatiert werden. Hinsichtlich der ersteren brauche ich mich bloß auf die allgemeine Erfahrung zu berufen, daß diese Seuche in Städten viel ärger grassiert, als in Dörfern, und mit der Größe der Stadt auch an Bösartigkeit zunimmt.

So sind nach Würzburg[137] in Preußen im Jahre 1878 an Diarrhöe und Brechdurchfall pro 10000 Neugeborene verstorben:

| | |
|---|---|
| in Städten mit mehr als 100 000 Einwohnern | 809 |
| „ „ „ 20—100 000 Einwohnern | 374 |
| „ „ „ weniger als 20 000 Einwohnern | 152 |
| „ Landgemeinden | 58 |

Die Seuche nimmt also mit der Ueberfüllung und dem hiermit einhergehenden Schmutze der Städte parallel zu.

Noch interessanter sind die Ergebnisse und noch größer die lokalen Unterschiede, wenn man die Diarrhöe in verschiedenen Ländern und

Städten vergleicht. Doch will ich hiervon absehen, weil die Diarrhöe-Statistik infolge der verschiedenen Nomenklaturen nicht recht vergleichbar ist, und an den Resultaten manches ausgesetzt werden könnte. Immerhin aber kann ich konstatieren, daß von vielen Seiten auf die verschieden hohe Sterblichkeit an Durchfall nach Städten und Stadtteilen, sowie auf die Abhängigkeit derselben von Schmutz und Unsauberkeit hingewiesen wurde, so in Budapest und an anderen Orten [138].

Auch das zeitliche Verhalten der Diarrhöe ist auffallend; die Akme wird gewöhnlich im Juli und August, zuweilen im September erreicht, während das Minimum auf die Winter- und Frühjahrsmonate fällt. So entfallen zu Budapest in den Jahren 1877—92 (16 Jahre) von allen Diarrhöe-Todesfällen [139] auf den

| | | | |
|---|---|---|---|
| Januar | 1155 | Juli | 4177 |
| Februar | 983 | August | 4220 |
| März | 1143 | September | 3033 |
| April | 1116 | Oktober | 2017 |
| Mai | 1398 | November | 1128 |
| Juni | 2323 | Dezember*) | 1060 |

Hieraus geht hervor, daß die Diarrhöe offenbar durch die äußere Temperatur reguliert wird. Doch kann die atmosphärische Temperatur nicht der einzige und entscheidende Faktor sein, da im viel wärmeren Mai und Juni weniger Todesfälle verzeichnet werden, als im kühleren August und September. Auch diese Thatsache ist von vielen Seiten festgestellt worden.

Manche wollten diese Erscheinung damit erklären, daß die Zunahme der Erkrankungen und Todesfälle durch das Klima der sich allmählich durchwärmenden Häuser, durch die Hitze und mangelhafte Ventilation verursacht wird; dies meint z. B. Meynert [140]. Andere haben wieder den in den Wohnungen bei heißem Wetter in Zersetzung übergehenden Nahrungsmitteln eine größere Bedeutung zugesprochen (Sloane [141], Hill [142]). Obgleich ich die Beteiligung der angeführten Faktoren ungeschmälert anerkennen will, meine ich doch auf Grund des von der Diarrhöe den meteorologischen Verhältnissen gegenüber bekundeten Verhaltens behaupten zu dürfen, daß diese Krankheit auch unter dem Einfluß von meteorologischen Verhältnissen und hierdurch im Zusammenhang mit dem Boden steht.

Vor allem kann ich aus den Budapester Beobachtungen schließen, daß die Parallelität der Enterie mit der atmosphärischen Wärme nicht nur insofern unvollkommen ist, als die Krankheit erst nach länger anhaltender Wärme sich zu erheben beginnt und auch nach Eintritt der allgemeinen Wärmeabnahme noch anhält, sondern auch darum nicht, weil auch andere Widersprüche bestehen.

So war in Budapest [143] im Jahre 1863 trotz der großen Sommerhitze die Diarrhöe doch milde verblieben, dagegen in 1864 bei viel kühlerem Wetter sehr heftig. Ferner hat in 1863 die Sommerhitze im August kulminiert, die Diarrhöe aber bereits im Juli und August abgenommen; dagegen fiel in 1864 die Akme der Temperatur schon auf den Juni, während die Diarrhöe in diesem und auch noch im folgenden Monat sich milde verhielt, aber im August um so heftiger wütete. Aehnliche den Temperatureinflüssen widersprechende Erfahrungen wieder-

*) Der Wert für ein Jahr interpoliert.

holen sich von 1863—1880 noch sehr oft, so z. B. in 1867, 1868, 1869, 1875 u. s. f. [144].

Ferner kann ich auch eine auffallende Abhängigkeit der Diarrhöe von den Regenfällen konstatieren, auf welche schon vor längerer Zeit Baginsky[145], Johnston[146], Langstaff[147] u. a. hingewiesen und betont haben, daß Regenfälle eine Abnahme der Enterie im Gefolge führen. Aehnliches beweisen auch die Budapester Beobachtungen, aus welchen hervorgeht, daß inmitten der heftigsten Epidemie nach einem ausgiebigen Regenfall in 8—10 Tagen eine Verminderung der Opfer der Epidemie eintritt. Aber diese wohlthätige Wirkung des Regens ist nicht anhaltend, weil die Mortalität hinterher nur um so höher ansteigt, ausgenommen wenn die Witterung überhaupt kühler wird, wie z. B. gegen Herbst.

Es erleidet diesem gegenüber keinen Zweifel, daß die Hitze in den Wohnungen und die Verderbnis der Nahrungsmittel kaum zu erklären vermag, warum die Diarrhöe zuweilen schon im Juni und Juli kulminiert, obschon die äußere Temperatur und demgemäß auch die Temperatur in den Wohnungen ihr Maximum erst im August erreicht, zu welcher Zeit die Diarrhöe bereits in Abnahme begriffen ist, und warum die Diarrhöesterblichkeit bei Regenwetter abnimmt und hinterher wieder ansteigt.

Am natürlichsten können also diese Sterblichkeitsverhältnisse dadurch erklärt werden, daß die Sommerhitze, bei entsprechender Wärme und Feuchtigkeit, auch außerhalb der Wohnungen, auf und im Boden Zersetzungsorganismen ausbrütet, welche dann in den menschlichen Körper und in die Nahrungsmittel gelangen, und auf diese Weise die Diarrhöe befördern.

Der Kausalnexus zwischen der Diarrhöe und den Zersetzungsprozessen in der oberflächlichen Bodenschicht wird auch durch die Erfahrung nachdrücklich unterstützt, daß in Budapest von 1877—1880 (in 4 Jahren) die Diarrhöesterblichkeit sowohl in den Hauptzügen als auch in vielen Einzelheiten mit der Kohlensäuremenge in der oberflächlichen (1 m) Bodenschicht parallele Schwankungen ausführte[148].

Endlich geht der Einfluß der Bodenverunreinigung und Zersetzung auf den Darmkatarrh aus den überaus günstigen Folgen der sanitären Maßnahmen zur Evidenz hervor, wenn für gutes Trinkwasser und gesunde Wohnungen gesorgt und insbesondere der den Boden oberflächlich bedeckende und hier einsickernde Schmutz entfernt wurde. Diese Erfahrung hat schon Buchanan in seiner wiederholt citierten Arbeit[149] hinsichtlich der 24 kanalisierten englischen Städte nach Einführung der Kanalisation gemacht. Dasselbe wurde auch in den kontinentalen Großstädten, z. B. in Budapest, beobachtet, wo die Diarrhöe von 1877—1892 eine beträchtliche relative Abnahme zeigt. Während nämlich die Diarrhöemortalität für den Zeitraum 1877—1882 noch 422 auf 100000 Einwohner betrug, berechnet sie sich für 1888—1892 bloß auf 332, sodaß die Abnahme 27 Proz. ausmacht, was hauptsächlich der Besserung in der allgemeinen und Bodenreinlichkeit zugeschrieben werden muß, da die Wasserversorgung seit 1877—82 (wenn überhaupt) sehr wenig besser geworden ist, die Verbesserung der Kanalisation aber erst auf dem Papiere steht.

Neben der oberflächlichen Bodenverunreinigung können wir der Unreinigkeit in den tieferen Bodenschichten weniger Bedeutung beimessen, da schon die Jahreszeit, auf welche die Epidemien

fallen (Juli, August), gegen eine Beteiligung dieser tieferen Schichten spricht. Aus dem nämlichen Grund kann auch das Grundwasser in den meisten Fällen nur von untergeordneter Bedeutung sein. Thatsächlich vermochte ich in Budapest für die Jahre 1877—1892 keinerlei Zusammenhang zwischen Stand und Schwankungen des Grundwassers und der epidemischen Diarrhöe zu konstatieren.

Die epidemische Diarrhöe ist also offenbar eine Krankheit, bei deren Auftreten und Verbreitung die oberflächliche Verunreinigung des Bodens — wahrscheinlich durch Produktion der Infektionserreger — eine wesentliche Rolle spielt.

## 7. Diphtherie.

Mehrere Autoren zählen auch die Diphtherie zu den durch Bodenverhältnisse beeinflußten Seuchen. Diese Meinung gewinnt durch den Umstand eine wesentliche Stütze, daß die örtliche und zeitliche Disposition in zahlreichen Fällen auch bei der Diphtherie augenfällig ist.

Monti[150] spricht sich entschieden dahin aus, daß die oft überaus rasche und weite Verbreitung der Krankheit mit der von Mensch zu Mensch erfolgenden Ansteckung allein nicht erklärt werden kann, daß also auch endemische und epidemische (zeitliche) Faktoren beteiligt sein müssen. Nach den Angaben von Rubner[151] ist die Diphtheriemortalität nach Städten und Kreisen sehr verschieden; es verstarben nämlich im Mittel aus 8 Jahren auf 100000 lebende Einwohner: in Danzig 234, in Königsberg 167, in Cassel 67 und in Breslau bloß 63; ferner im Kreise Heydekrug sogar 724, im Kreise Berlin bloß 146 und im Kreise Montjoie gar nur 28! Der Unterschied nach Oertlichkeiten ist also sehr bedeutend. Nach Rahts[152] verstarben pro 100000 Einwohner im Regierungsbezirk Hildesheim im Jahre 1888 nicht weniger als 93, im Jahre 1889 gar 109, dagegen im Regierungsbezirk Trier bloß 6 und 5, und im Regierungsbezirk Aachen bloß 4 und 10 u. s. f.

Kayser[153] hebt besonders hervor, daß in Berlin die auf Lehmboden gelegenen Häuser mehr Diphtherie haben, als die auf anderem Boden stehenden. Die Diphtheriemortalität betrug nämlich auf Lehmboden 3,38, auf Dünensand 2,48, auf Thalsand 2,24, auf Flußsand 2,02 und auf Moorerde 1,92 p. M.

Denarowsky[154] berichtet, daß von zwei bloß durch einen Bach getrennten Ortschaften in der Bukovina die eine andauernd und stark von der Diphtherie verseucht war, die andere aber gänzlich immun blieb.

Besonders häufig wird behauptet, daß die Diphtherie auf tiefgelegenem, feuchtem Boden häufig auftritt, so von Johnstone, Orillard, Grau, Francotte[155].

Auch Vogel[156] konstatiert die Vorliebe der Diphtherie für gewisse Oertlichkeiten und hebt hervor, daß, während diese Krankheit in Hagenau und Worms sehr mild und selten auftrat, die auf eine Stunde Entfernung gelegenen Dörfer von der Seuche häufig und schwer zu leiden hatten. Derselbe Autor erwähnt besonders noch das häufige Auftreten der Diphtherie in neugebauten, also feuchten Häusern, was auch Heubner in Leipzig beobachtet hat[157].

Doch können wir auch die gegenteiligen Angaben mehrerer Forscher nicht stillschweigend übergehen, die keinerlei Abhängigkeit von lokalen Verhältnissen konstatieren konnten. Nach Steinmetz[158] war die

Diphtherie in Elsaß-Lothringen auf der Ebene im selben Maße vorherrschend wie auf Hochplateaus und im Gebirge. Kalischer[159] fand die Sterblichkeit an Croup und Diphtherie in Preußen in den Jahren 1875—89 unregelmäßig verteilt, sodaß im Gebirge und auf Ebenen gleichmäßig Bezirke mit viel und mit wenig Diphtherie vorkommen. Der günstigste Kreis hat zwar Moorgrund, doch auch der ungünstigste. Den großen Unterschied in der Diphtheriemortalität der einzelnen Kreise hat aber auch dieser Forscher konstatiert; so sind z. B. von 1875—1889 auf 100000 Einwohner an Diphtherie und Croup verstorben in der Landdrostei Aurich 67, im Regierungsbezirk Gumbinnen aber 409.

Eine Vergleichung dieser Angaben läßt auch schon aus dem bisherigen lückenhaften Material folgern, daß gewisse Oertlichkeiten, und namentlich diejenigen mit feuchtem Boden, wo also auch die Häuser und Wohnungen feucht sind, zu einem epidemischen Umsichgreifen der Diphtherie mehr disponiert sind als diejenigen, wo die Verhältnisse entgegengesetzt liegen. Dies würde beweisen, daß der Infektionsstoff der Diphtherie durch außerhalb des menschlichen Körpers bestehende Verhältnisse beeinflußt wird, und ist es am natürlichsten vorauszusetzen, daß die Feuchtigkeit der Lokalität die Erhaltung der Infektionserreger und ihrer Virulenz begünstigt, doch ist nicht ausgeschlossen, daß dieselben auf feuchtem Boden auch eine Vermehrung erleiden. Das erstere hat bei der bekannten ziemlich großen Widerstandskraft der Diphtheriebacillen auch die experimentelle Wahrscheinlichkeit für sich, was von der letzteren Hypothese weniger behauptet werden kann, weil die Diphtheriebacillen anscheinend mit Bezug auf den Nährboden sehr empfindlich und wählerisch sind.

Daß der Infektionsstoff der Diphtherie auf feuchtem Boden, Mauern und anderen Gegenständen konserviert werden kann, dafür spricht unter vielem anderen auch die allgemeine Erfahrung, daß es nur sehr schwer gelingt, die Diphtherie durch noch so sorgfältige Desinfektion der Krankenzimmer, Wäsche, Kleidungsstücke etc. aus einzelnen Häusern auszurotten, bis man nicht auch den Fußboden und andere feuchte Gegenstände entfernt hat. Dies wird besonders von Förster[160] und **Baginsky**[161] betont.

Auch das zeitliche Verhalten der Diphtherie läßt, namentlich nicht an den kleinen, sondern an den ausgebreiteten Epidemien, eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen. Die meisten Angaben verlegen die Akme auf die Monate Dezember bis Februar (den Winter), das minimale Vorherrschen aber auf den Herbst. Doch findet häufig eine Verschiebung des Anfanges auf den November statt, wo dann die Epidemie sich bis in den März hineinzieht[162]. In Budapest entfielen während der 16 Jahre von 1877—1892 von den an Croup und Diphtherie registrierten 8441 Todesfällen die meisten auf den November = 952, dann auf den Dezember = 948 und Oktober = 811, dagegen auf den Juli 504, den Juni 541, den August 604.

Das Herrschen der Diphtherie in der kalten Jahreszeit läßt es als noch unwahrscheinlicher erscheinen, daß die Infektionserreger der Diphtherie außerhalb des menschlichen Körpers eine Vermehrung erfahren, und die Krankheit auf diese Weise hervorrufen würden, wie wir das bei der Cholera und Diarrhöe annehmen mußten; es dürfte vielmehr außerhalb des menschlichen Körpers bloß eine Konservierung des

Infektionsstoffes durch die Feuchtigkeit stattfinden, wie wir soeben hervorgehoben haben.

Demnach wird es nur natürlich erscheinen, wenn ein engerer Zusammenhang zwischen Diphtherie und den zeitlichen Verhältnissen der Witterung und des Bodens nicht gefunden werden kann, obschon Viele einen solchen behaupteten. So hat M. A. Adams[163] in Maidstone in den Jahren 1885—89 einen gewissen Zusammenhang von Diphtherie und hohem Grundwasserstand gesehen, doch sind seine Beobachtungen auf ein zu geringes Material beschränkt (171 Todesfälle), um beweiskräftig sein zu können. In Budapest haben die von 1877 bis 1892 verzeichneten 8441 Croup- und Diphtherie-Todesfälle weder mit dem Grundwasserstand, noch mit den Regenfällen einen auch nur einigermaßen festeren Zusammenhang erkennen lassen. Die heftige Epidemie 1877/78 fiel auf einen hohen, aber im Sinken begriffenen Grundwasserstand, die von 1886/87 auf einen tiefen, aber im Steigen begriffenen. Der höchste Grundwasserstand wurde während dieses Zeitraumes in 1879/80 beobachtet, als die Diphtherie sich fortwährend in engen Grenzen verhielt, wogegen in den Jahren 1889, 1891 und 1892 während gleichfalls hoher Grundwasserstände die Diphtherie stark anhielt.

Nach alledem vermögen ein feuchter Boden, feuchte Häuser und Wohnungen die Verbreitung der Diphtherie offenbar zu fördern, aber nicht durch Vermittelung der im Boden verlaufenden Zersetzungsprozesse, sondern vielmehr durch die bakterien-konservierende Wirkung der feuchten Oberflächen.

## 8. Tuberkulose.

Von mehreren Seiten wurde angenommen, daß der Boden auch die Verbreitung der Tuberkulose beeinflußt, und daß insbesondere die Feuchtigkeit des Bodens und eine tiefe Lage die Verbreitung dieser Krankheit fördern würden.

Bowditch hat auf Grund der von amerikanischen Aerzten (in Massachusetts) angestellten Massenbeobachtungen schon vor längerer Zeit behauptet, daß ein feuchter Boden der Tuberkulose günstig ist. Buchanan[164] hat die Rolle des Bodens bei der Verbreitung der Tuberkulose wiederholt eingehend bearbeitet und konstatiert, daß diese Krankheit in den Städten, wo die Kanalisation eine Austrocknung des Bodens zur Folge hatte, bedeutend abnahm, und wo dies nicht der Fall war, auch die Tukerkulose nicht seltener wurde. So war in Salisbury, Ely, Rugby, Banbury etc. der Boden nach der Kanalisation bedeutend trockener geworden, und die Tuberkulose hatte um 49 bis 41 Proz. abgenommen, während in Alnwick, Ashby, Carlisle u. a., wo der Boden ein Austrocknen nicht erkennen ließ, die Tuberkulose noch um 10 bis 20 Proz. zugenommen hatte. Andererseits verglich dieser Forscher das Vorkommen der Tuberkulose in England mit den Bodenverhältnissen der einzelnen Bezirke und fand, daß je undurchlässiger und vermöge seiner tiefen Lage feuchter der Boden war, die Tuberkulose um so häufiger in der Bevölkerung auftrat. Es wohnten nämlich in den Bezirken, wo, wie z. B. in Cranbrook, East Grinstead u. a., die Tuberkulose unter den im Alter von 15 bis 55 Jahren stehenden Personen gering (unter 3,0 ‰) war, 80 bis 95 Proz. der Bevölkerung auf Sand, und bloß 5

bis 20 Proz. auf Lehmboden, wogegen in Bezirken mit hoher Tuberkulosemortalität (bis 4,62 ‰) die Mehrzahl der Bevölkerung auf Lehmboden wohnte, so z. B. in Pethworth 70 Proz. Aehnliche Belege lieferten Middleton für Salisbury, J. Stark auf Grund von schottischen statistischen Ausweisen u. a.[165].

Schlockow[166] hebt das seltene Vorkommen der Tuberkulose unter den Bergarbeitern in Oberschlesien hervor und schreibt dasselbe der Austrocknung des Bodens durch den Bergbau zu Gute. Auch Weber[167] fand in Amerika eine Parallelität zwischen Tuberkulose und Bodenfeuchtigkeit.

Daß eine erhöhte Lage mit Hinsicht auf die Tuberkulose günstig ist, wird von vielen behauptet (Boudin, Jourdanet, Guilbert, Lombard). Corval[168] fand in Baden, daß die Tuberkulose mit der Höhenlage parallel abnimmt, indem von 100 000 Einwohnern an Phthise verstorben waren:

| | | | |
|---|---|---|---|
| in | 330—1000′ | Höhe | 330 |
| „ | 1000—1500′ | „ | 270 |
| „ | 1500—2000′ | „ | 250 |
| „ | 2000—2500′ | „ | 270 |
| „ | 2500—3000′ | „ | 230 |
| | über 3000′ | „ | 210 |

Doch hat diesen Erfahrungen gegenüber bereits Virchow auf die geringe Verläßlichkeit der Tuberkulosedaten der englischen Statistik hingewiesen, da in der Nomenklatur der Todesursachen in den einzelnen Jahren große Schwankungen nachgewiesen werden konnten; andererseits ist konstatiert, daß die Tuberkulose in England nicht nur in den kanalisierten Städten, sondern auch anderwärts, namentlich auch in den Landbezirken und gar auch unter der Fabriksbevölkerung, kontinuierlich abgenommen hat (D. Sandberg)[169].

Dann haben wieder andere gerade in trockenen Oertlichkeiten mehr Tuberkulöse beobachtet, was auch durch den auffallenden Antagonismus zwischen Tuberkulose und Malaria bewiesen würde, indem nach der Trockenlegung des Bodens an Stelle der Malaria-Fieber die Tuberkulose an Ausbreitung gewinnt (de Brun)[170].

Hiernach mangelt es uns an hinreichenden Grundlagen zur definitiven Aufklärung der Frage, ob bei der Verbreitung der Tuberkulose auch örtliche, namentlich aber Bodenverhältnisse beteiligt sind. Es werden diesbezüglich durch weitere und genauere Beobachtungen noch exaktere Daten zu sammeln sein. Vorderhand könnte man höchstens so viel als wahrscheinlich acceptieren, daß ein feuchter Boden und feuchte Wohnungen — vielleicht durch Konservierung der Tuberkelbacillen — der Verbreitung dieser Krankheit förderlicher sind als ein trockener Boden.

## Zusammenfassung.

Zahlreiche auf den vorstehenden Seiten verzeichnete Thatsachen weisen darauf hin, daß gewisse Infektionskrankheiten zeitlichen und örtlichen Einflüssen unterworfen sind, und auch mit gewissen örtlichen und zeitlichen Bodenverhältnissen in Zusammenhang stehen, doch läßt sich weder das Thatsächliche noch die Natur dieser Abhängigkeit positiv und direkt beweisen. So muß man

gestehen, daß eine direkte Abstammung dieser Krankheiten aus dem Boden, — daß eine direkte Beteiligung des Bodens an der Produktion des Infektionsstoffes bei keiner einzigen Krankheit bewiesen ist. Die Infektionserreger der Bodenkrankheit κατ᾽ ἐξοχήν, der Malaria, sind uns außerhalb des menschlichen Körpers noch nicht bekannt, und können wir dieselben im Boden derzeit noch gar nicht einmal aufsuchen; bei anderen Infektionskrankheiten, dren Erreger zwar außerhalb des Körpers bekannt sind, hat man diese im Boden bisher nicht mit dem nötigen Eifer und mit der nötigen Umsicht gesucht, und infolgedessen ihre Reproduktion im Boden nicht nachgewiesen.

Wir folgern also einen Kausalnexus zwischen Boden und gewissen Krankheiten bloß auf indirektem Wege, aus gewissen Anzeichen, nämlich daraus, daß jene Krankheiten an gewisse Orte gebunden sind oder doch gegen diese eine gewisse Vorliebe erkennen lassen, ferner daraus, daß sie parallel mit gewissen zeitlichen Momenten, Veränderungen der Bodenzustände auftreten. Doch wird auçh von diesen Anzeichen nur einer mit einer gewissen größeren Stabilität angetroffen, nämlich das Einhergehen der oberflächlichen Verunreinigung des Bodens mit dem beträchtlicheren Vorherrschen einiger Infektionskrankheiten, und die Abnahme, welche die letzteren an In- und Extensität mit dem Reinerwerden der Bodenoberfläche und des Bodens erleiden. Dies läßt sich am deutlichsten bei Cholera, Typhus und Diarrhöe nachweisen. Schon minder läßt sich ein Einfluß der Verunreinigung in den tieferen Bodenschichten auf die bewußten Krankheiten erkennen, obschon ein solcher zumindest in einem gewissen Grade — besonders im Wege einer Verunreinigung des Trinkwassers mit Bakterien, oder mit den durch die Zersetzungsvorgänge im Boden produzierten Ptomainen, aber viel weniger durch Vermittelung der Grundluft — nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich ist.

Aus obigen Ausführungen geht ferner hervor, daß neben der Verunreinigung zunächst die Feuchtigkeit des Bodens mit der Erzeugung von Infektionskrankheiten insbesondere von Malaria und Gelbfieber, aber auch von Cholera, Typhus und vielleicht auch von Enterie, Diphtherie und Tuberkulose in Verbindung gebracht werden kann. Doch ist auch dieser Zusammenhang nur lose und nicht oder nur unter besonderen Verhältnissen von ausschlaggebender Bedeutung. Eine engere Abhängigkeit von Regenfällen, von gewissen physikalischen Eigenschaften des Bodens gegenüber dem Wasser oder vom Grundwasser läßt sich für keine einzige Krankheit, nicht einmal für den in dieser Beziehung am gründlichsten studierten Typhus beweisen. Doch können wir andererseits einen gewissen Einfluß der Schwankungen in der Bodenfeuchtigkeit auf jene Krankheiten nicht nur nicht in Abrede stellen, sondern sind im Gegenteil gezwungen, einen solchen sowohl für Malaria und Gelbfieber, als offenbar auch für Cholera und Typhus thatsächlich anzunehmen. Es sind also hauptsächlich die Bedingungen der Wirkung dieser Bodenfeuchtigkeit und ihrer Schwankungen, die wir noch nicht kennen, wobei wir nur das leugnen, resp. als nicht bewiesen erklären müssen, als ob deren Einfluß entscheidend wäre, und speziell mit den Grundwasserschwankungen in einem irgendwie engeren, allgemeineren oder gleich gearteten Zusammenhang stände.

Alles zusammengefaßt, können wir also dem Boden und insbesondere

denjenigen Eigenschaften desselben, welche diesen zur Aufnahme und Zurückhaltung von Schmutz und Wasser befähigen, ferner denjenigen Faktoren, welche im Boden das Verhalten von Schmutz, Zersetzung, Leben und Gedeihen von Bakterien beeinflussen, nämlich der Temperatur, der Permeabilität, der Grundluft, dem Wasser und der Feuchtigkeit im Boden und deren Variationen, mit Rücksicht auf gewisse Infektionskrankheiten immerhin eine Bedeutung beilegen, obschon wir die spezifische und unerläßliche oder auch nur ausschlaggegende Bedeutung des Bodens mit Bezug auf jene Krankheiten nicht zu behaupten vermögen, und insbesondere derzeit nicht imstande sind, die Mittel und Wege klar nachzuweisen, mittelst welcher jene Bodenverhältnisse auf die genannten Infektionskrankheiten eine Wirkung ausüben, und nicht imstande sind, einen siechhaften Boden von einem immunen, noch den der Epidemie günstigen Zeitpunkt vom ungünstigen im Boden zu unterscheiden und nachzuweisen.

Daß dieser Stand der Kenntnisse uns als Forscher nicht befriedigt, ist klar; es bedarf also neuerer und besserer Untersuchungen, um die Bodenhygiene auf solidere wissenschaftliche Grundlagen basiren zu können. Die praktische Grundlage der Bodenhygiene ist aber auch heute schon sehr wertvoll und führte schon bisher zu sehr erfreulichen Resultaten. Der Praxis, der öffentlichen Gesundheitspflege, dem Gemeinwohl können unsere erreichten hygienischen Kenntnisse über den Boden auch heute schon als wesentliche Stütze dienen.

## B. Andere Wirkungen der Bodenverhältnisse auf die öffentliche Gesundheit.

Neben einem gewissen Kausalnexus, den es zwischen bestimmten Bodenverhältnissen und einigen en- und epidemischen Infektionskrankheiten nachzuweisen gelang, kann nicht übersehen werden, daß gewisse Verhältnisse des Bodens auch auf anderen Wegen imstande sind, die Bedingungen der öffentlichen Gesundheit, namentlich Wohnungen, Trinkwasser etc. zu beeinflussen. Da die Erörterung dieser Einflüsse vorwiegend in die Kapitel Wohnung (Band IV), Wasserversorgung (Band I) etc. gehört, will ich mich hier auf die Bezeichnung der Richtungen beschränken, in welchen eine gewisse Wirkung des Bodens sich kundgiebt.

Da wäre zunächst die Elevation des Bodens, welche sich hinsichtlich der Epidemien so vorteilhaft erwies, aber in anderen sanitären Beziehungen häufig schwere Gesundheitsschäden im Gefolge führt: sie macht die Kommunikation ermüdend und erschöpfend, kann bei Platzregen durch den rapiden Abfluß der Wässer allgemeine Gefahren heraufbeschwören, die Kanalisation, sowohl mit Bezug auf den Bau als auf die Spülung der Siele, durch allzu schnellen Abfluß des Wassers und durch die starken Strömungen der Sielluft erschweren, durch die in der Regel vorherrschenden starken Winde Erkältungen verursachen, der Versorgung mit Wasser Hindernisse bereiten u. s. f.

Demgegenüber sind aber die hygienischen Vorteile einer erhöhten Lage doch überwiegend, auch schon darum, weil die epidemischen Krankheiten aus den im Obigen erörterten Gründen hier seltener auf-

treten, und weil die bewegte Luft in der Regel erquickend, rein, abhärtend, das Wasser rein und gesund ist.

Die hygienischen Eigenschaften des Höhenklimas werden eingehender in der Klimatologie (siehe Band I) behandelt[171].

Eine ebene Lage erleichtert die Kommunikation und verbessert durch ihre Fruchtbarkeit die Ernährung, ist also im ganzen genommen günstig, kann aber auch ungesund werden, wenn das Grundwasser infolge ungenügenden Gefälles des Bodens am Abfluß behindert ist, stagniert und hoch ansteigt, und wenn die Entfernung der Unreinigkeiten aus demselben Grunde erschwert ist.

Am ungesundesten ist der vertiefte, muldenförmige Boden, weil sich hier Grundwasser und Unreinigkeiten besonders leicht anhäufen werden, und weil das Trinkwasser in der Regel schlecht ist, die Luft stagniert, die Kanalisation Schwierigkeiten begegnet etc., was nicht nur auf die Verbreitung von Epidemien von Einfluß ist, sondern auch den Komfort und die Annehmlichkeit unserer Wohnungen beeinträchtigt, und unser ganzes Leben unangenehm beeinflußt.

Die Struktur des Bodens ist neben ihrer epidemiologischen Bedeutung auch auf die Bauart von Einfluß. Ein kompakter, fester Boden erschwert die Ausführung von Gebäuden und Sielen, aber auch ein zu lockerer Boden verursacht Hindernisse, weil er der Festigkeit der Fundamente von Gebäuden und der Siele gefährlich ist.

Die Bodentemperatur ist von Bedeutung, weil von ihr die Temperatur der Keller und des Grundwassers abhängt, im Winter warm, im Sommer kühl, oder überhaupt gleichmäßiger, konstanter gehalten wird. Sie beeinflußt auch die Temperatur der Wasserleitungen, indem das Wasser in zu seicht verlegten Röhren im Winter zu kalt wird und auch gefrieren, im Sommer aber eine allzu hohe Temperatur annehmen kann.

Die Bodenfeuchtigkeit und das Grundwasser fallen nicht nur in epidemiologischer Beziehung, sondern auch mit Rücksicht auf andere hygienische Eigenschaften unserer Wohnungen sehr schwer ins Gewicht.

Ein feuchter Boden mit hohem Bindevermögen und kapillarer Leitung für Wasser hält die Mauern und besonders die Fundamente der Gebäude feucht und verursacht dadurch Abkühlung und Kälte; er vermindert die so wichtige Ventilation durch die Poren der Mauern, verursacht Schimmelbildung, Vermoderung der Holzbestandteile und Verderbnis der Möbel, Kleidungsstücke und Nahrungsmittel in den Häusern durch Pilzvegetationen. In feuchten Gebäuden können auch die Erreger gewisser Infektionskrankheiten konserviert werden, wo dann der feuchte Boden auf indirektem Wege, durch Vermittelung der Wohnungen die Erhaltung und Verbreitung jener Krankheiten (Cholera, Typhus, Diphtherie, Tuberkulose) fördern kann.

Ein trockener Boden führt mitunter zu arger Staubbildung, namentlich auf kalkhaltigem Boden.

Bei hohem Grundwasserstand können die geschilderten Nachteile der Bodenfeuchtigkeit in Wohnhäusern besonders stark hervortreten, so daß der Grundwasserstand auch auf diesem indirekten Wege die schon erwähnten Infektionskrankheiten zu beeinflussen vermag; außerdem kann ein Ansteigen des Grundwassers die Wohnungen durch Austreten in den tiefer gelegenen Räumen, Kellern, Magazinen schädigen, es kann die Grüfte in Kirchhöfen überfluten und überhaupt die Begräb-

nisse erschweren u. s. f. Zu Anfang der 80er Jahre wurden in Budapest auf diese Weise Grüfte überschwemmt, und im neuen städtischen Krankenhause die im Boden verlegten Rohre der Dampfheizung abgekühlt und hierdurch arge Störungen verursacht. (Vergl. S. 92.)

Ein hoher Stand des Grundwassers führt ferner zur Bildung von Wassertümpeln und Sümpfen, welche neben den oben erörterten epidemiologischen Gesundheitsschäden das bebaubare Land einschränken, den Ertrag des Bodens verringern und dadurch die Ernährung und so auch die Widerstandskraft der Bevölkerung gegen Krankheitsursachen beeinträchtigen. Bei oberflächlichem Grundwasser wird nicht nur der Boden, sondern auch die Luft, das Klima feucht, kühl und nebelig; ein solches Grundwasser ist, weil es in verunreinigten oberflächlichen Bodenschichten steht, in der Regel auch als Trinkwasser schlecht.

Bei tiefem Grundwasserstand sind die Häuser trocken, und ist das Trinkwasser zumeist angenehm und gesund, doch kann es zuweilen schwierig sein, das Wasser zu erreichen und zu heben. Noch schwieriger wird die Wasserversorgung, wenn überhaupt kein Grundwasser da ist. Bei so bestellten Bodenverhältnissen können verschiedene Gesundheitsschäden entstehen, weil die Reinlichkeit und Körperpflege, sowie die Reinhaltung der Wohnungen erschwert ist, entsprechende Abtrittssysteme (Kanalisation) infolge von Wassermangel nicht leicht eingerichtet werden können, Schmutz, Gestank und Staub überhand nehmen. Die Vernachlässigung der Hautpflege führt zu Hautkrankheiten u. s. f.

Ein mit organischen Substanzen verunreinigter Boden wird uns mit den von der Oberfläche entweichenden in Zersetzung befindlichen Staubtheilchen und Bakterien, mit der ausströmenden Grundluft, sowie den in die Tiefe dringenden Unreinigkeiten und Infektionsstoffen zunächst die Atmosphäre und das Trinkwasser verunreinigen und infizieren, aber dieselbe Wirkung auch auf die Mauern von Gebäuden ausüben können. Von einem verunreinigten und feuchten Boden kann nämlich ein konstanter Feuchtigkeitsstrom gegen den vor Regen geschützten Untergrund der Häuser und die Grundmauern gerichtet sein. Hierdurch kann Wasser und die in dasselbe aus dem Boden in Lösung übergegangene Unreinlichkeit in die Mauern eindringen, von deren Oberfläche das Wasser fortwährend verdunstet und die Schmutzstoffe zurückläßt, welche zerstäubt in die Luft gelangen. Die physikalischen Verhältnisse werden also bewirken, daß auf einem verunreinigten Boden auch dem Inneren der Häuser fortwährend Unreinigkeit zugeführt wird, wodurch die Bodenverunreinigung einen indirekten Einfluß auf die Infektionskrankheiten erlangt.

Ein an organischen Substanzen reicher Boden ist auch der Solidität und Sicherheit der Gebäude gefährlich, da die organischen Stoffe in Verwesung und Mineralisierung übergehen, ausgelaugt werden und allmählich aus dem Erdreich verschwinden, welches sich infolgedessen setzen wird. In Moorboden auf Pfahlrosten erbaute Häuser pflegen nach Drainage infolge der Austrocknung des Bodens und Zersetzung der organischen Substanzen ein solches Setzen zu zeigen.

*Allgemeines.*

1) *Vgl.* **Fodor,** *Hyg. Unters. über Luft, Boden u. Wasser* 2. *Bd.* 355; *ferner A. f. Hyg.* 2. *Bd.;* **D. Cunningham,** *Uffelmann's Jahresbericht* (1889) 234.

2) *Vgl.* **Nägeli,** *Die niederen Pilze, München* (1877) 70 *ff.*

*Malariafieber.*

3) *Handb. d. hist.-geogr. Pathol.*, *Stuttgart* (1881—83).
4) *Traité de géogr. et de statist méd.*, *et des malad. épid.*, *Paris* (1857); *ferner Traité des fièvres intermittantes*, *Paris* (1841).
5) *Traité des fièvres intermittantes*, *Paris* (1870); *ferner Traité des maladies épidemiques*, *Paris* (1879).
6) *Conférences médicales sur la malaria*, *Paris* (1887).
7) *Vgl.* **J. Arnould**, *Nouveaux élém. d'hyg.*, *Paris* (1889) 121.
8) *a. a. O.* 1. *Bd.* 181.
9) **Hirsch**, *a. a. O.*
10) *Inaug.-Dissert.*, *Freiburg* (1887).
11) *VI. internat. Kongr. f. Hyg.*
12) *Die Malaria von Rom, übers. von A. Schuster*, *München* (1882).
13) *La malaria in Italia*, *Roma* (1883).
14) *A. f. exp. Path.* (1879) 11. *Bd.* 5—6.
15) *Americ. Journ. of Med. Sc.* (1866), *January.*
16) **Tommasi-Crudeli**, *Die Malaria von Rom*, *München* (1882).
17) *Rev. d'hyg.* 10. *Bd.* 978.
18) **Kelsch & Kierner**, *Ann. d'hyg.* (1888) 2. *Bd.* 511.
19) **Hirsch**, *Handb. d. hist.-geogr. Path.* 1. *Bd.* 201; *ferner* **Kelsch & Kierner**, *a. a. O.*
20) **Hirsch**, *a. a. O.*; *ferner* **R. Müller**, *Berl. klin. Woch.* (1888) 30; **Roewer**, *D. m. Zeit.* (1890) 67.
21) **Pietra Santa**, *Journ. d'hyg.* (1877) 33; **Klebs & Tommasi-Crudeli**, *a. a. O.*
22) **Dose**, *Zur Kenntnis der Gesundheitsverhältnisse des Marschlandes* (1878).
23) **Klebs** *u.* **Tommasi-Crudeli**, *a. a. O.*; **Sforza & Gigliarelli**, *La malaria in Italia*, *Roma* (1885).
24) **S. Lévy**, *Traité d'hyg.* (1869) 1. *Bd.* 461.
25) *Prager Vierteljahrsschrift* (1870).
26) **Soyka**, *Der Boden* 41.
27) **Mavrogény Pascha**, *a. a. O.*; **Roewer**, *D. m. Zeit* (1890) 67.

*Gelbfieber.*

28) *a. a. O.*; **Uffelmann's** *Jahresbericht* (1889) 246.
29) *a. a. O.* 1. *Bd.* 252.
30) *V. f. öff. Ges.* (1877).
31) **Hirsch**, 267.
32) **Hirsch**, 258.
33) **Hirsch**, 260.

*Cholera.*

34) *Eine erschöpfende Anführung der* **Pettenkofer**'*schen Arbeiten über die Cholera kann im enge angewiesenen Rahmen dieses Werkes nicht gegeben werden, ist aber auch nicht nötig, da der unermüdliche Forscher den Kern seiner Arbeiten selbst gesammelt und im Archiv für Hygiene (Bd. IV, V und VI) sowie später als selbständigen Band veröffentlicht hat. (Zum gegenwärtigen Stand der Cholerafrage. München.* 1887.)
35) **Uffelmann's** *Jahresber.* (1885) 26.
36) **Hirsch**, *Handb. d. hist.-geogr. Path.*, *Stuttgart* (1881—83) 1. *Bd.* 304.
37) *Chol.-Konferenz*, *D. med. Woch.-Beilg.* 46; *ferner A. f. Hyg.* 5. *Bd.* 357.
38) *Die Cholera*, *Braunschweig* (1885) 20.
39) *Vgl. Chol.-Konferenz*, *D. med. Woch.* (1885), *Beilage*, 45.
40) *Vierter Jahresber. d. Land-Med.-Koll.*, *Dresden* (1874).
41) *A. f. Hyg.* 5. *Bd.* 374—376.
42) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 200.
43) *A. f. Hyg.* 4. *Bd.* 513.
44) *Cholera-Konferenz*, *D. med. Woch.* (1885).
45) **Pettenkofer**, *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 192; **Hirsch**, *Hist.-geogr. Path.*, 1. *Bd.* 311.
46) *C. f. Bakt.* (1892) 2. *Bd.* *Nr* 25.
47) **Fodor**, *Hyg. Unters. üb. Luft, Boden u. Wasser*, *Abt. II Taf. VIII.*
48) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 315.
49) *Der Boden der Stadt Wien* 304.
50) *Chol.-Konferenz*, *D. med. Woch.* 50.
51) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 193; **J. M. Cunningham**, *Die Cholera*, *Braunschweig* (1885) 16.
52) *Bericht d. VI. internat. Kongr. f. Hyg. u. Dem.*, *Wien* 18. *H.*
53) **Fodor**, *a. a. O.*

54) *Untersuchungen u. Beobachtungen über die Verbreitungsart der Cholera, München* (1855) 239, 268.
55) *Z. f. Biol.* 4. *Bd.* 167—212.
56) *Die Chol.-Epid.* 1873 *im Königr. Sachsen, Berlin* (1876) 62.
57) *Generalbericht über die Chol.-Epid. im Königr. Bayern* 1873/74, *München* (1877).
58) *Die Chol.-Epid.* 1873 *im Königr. Württemberg, Berlin* (1877).
59) **Marquart**, *D. mil.-ärztl. Zschr.* (1878) 9. *H.*
60) *Abh. d. Naturwiss. Vereins zu Magdeb.* (1874) 5. *H.*
61) **Zehnder**, *Bericht üb. d. Chol. im Kanton Zürich* (1871) 21.
62) *Second Rep. of the Med. Off. of the Privy Council* (1859).
63) *Hyg. Unters. üb. Luft, Boden u. Wasser* 2. *Bd.* 231.
64) *Chol.-Konferenz, D. med. Woch.* (1885).
65) *A. f. Hyg.* 5. *Bd.* 427.
66) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 20.
67) *Chol.-Konferenz, D. med. Woch.* (1885).
68) *A. f. Hyg.* 4. *Bd.* 421.
69) *Chol.-Konferenz, D. med. Woch.* (1885).
70) *Z. f. Biol.* 4. *Bd.*
71) *Z. f. Biol.* 7. *Bd.*
72) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 64.
73) **Hirsch**, *a. a. O.* 322.
74) *Die Cholera in ihrer Heimat.*
75) *Seventh Annual Report, Government of India* (1877).
76) *Med. Times and Gazette* 1868.
77) **J. L. Bryden**, *Cholera in Bengal Presidency, Calcutta* 1874.
78) *History of Cholera in India* (1882).
79) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 32 *ff.*
80) *Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera . . . . entsendeten Kommission, Berlin* (1887) *Taf. XXIII.*
81) *Chol.-Konferenz, D. med. Woch.* 34.
82) *Vgl. A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 70.
83) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 81.
84) **Babes, Gruber**, *II. internat. hyg. Kongrefs Wien, XVIII. H.*
85) *Daselbst*, 50.
86) *Die Choleraepidemie in Hamburg* 1892, *Berlin* (1893).
87) *Die niederen Pilze, München* (1877) 70.
88) *Hyg. Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser, Braunschweig* (1881—82); *ferner Ueber den Einflufs d. Wohnungsverhältnisse auf d. Verbreit. v. Cholera u. Typhus, A. f. Hyg.* 2. *Bd.*
89) *Hyg. Unters.* 2. *Bd.*
90) *A. f. Hyg.* 2. *Bd.*
91) *VI. internat. Kongr. f. Hyg. H. XVIII* 168.
92) *Bericht . . z. Erforsch. d. Chol.* 232.

*Typhus.*

93) *Z. f. Biol.* 1. *Bd.* 1.
94) *Hdb. d. hist.-geogr. Path.* (1881) 1. *Bd.* 463.
95) *Bull. de l'Acad. de méd. XXXI.*
96) **Arnould**, *Nouveaux éléments d'hygiène* (1889) 20.
97) *Rec. des travaux du comité consultat. d'hyg. de France* 18. *Bd.* 487.
98) **Hirsch**, *Hist.-geogr. Path.* 1. *Bd.* 458; **Butter**, *Vjchr. f. ger. Med.* (1883) 208; **Port**, *A. f. Hyg.* 1. *Bd.* 91.
99) s. **Arnould**, *Gaz. med.* (1875) *Nr.* 7 *u. ff.*
100) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 280.
101) *Der epidemiologische Teil des Berichtes etc., München* (1888) 88.
102) **Fodor**, *Hyg. Unters.* 2. *Bd. Taf. VII, VIII.*
103) **Port**, *a. a. O.* 91; *neuestens* **Königer**, *Uffelmann's Jahresber.* (1886) 153.
104) *Vgl.* **Hirsch**, *a. a. O.*
105) *z. B. Second Report of the Med. Off. of the Privy Council* (1859).
106) *Hyg. Unters.* 2. *Bd.* 262.
107) *Trinkwasser u. Bodengase, Basel* (1874).
108) *Uffelmann's Jahresber.* (1888) 192.
109) *Der epidem. Teil etc.* 44.
110) *Rec. des trav. du com. cons. d'hyg.* 18. *Bd.* 513.
111) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.* 260.

112) *A. f. Hyg.* 6. *Bd.*
113) *s.* **Pettenkofer**, *Der epidem. Teil* 48.
114) *Uffelmann's Jahresber.* (1887) 189.
115) *Prager Vierteljschr. CXXXIX.*
116) *Rep. of the Board of Health* (1884).
117) *Der Typhus in Hamburg* (1889).
118) *Ctrbl. f. allg. Ges.-Pfl.* (1888).
119) *Hyg. Unters. über Luft, Boden und Wasser, Braunschweig* (1881—82) 2. *Bd.*
120) *Volkmann's Samml. klin. Vortr.*
121) *Uffelmann's Jahresbericht* (1889, 1890).
122) *Wien. med. Woch.* (1878) 1116.
123) *Typhusepidemie in Chemnitz, Berlin* (1889).
124) *Z. f. Hyg.* 8. *Bd.*
125) *Rev. d'hyg.* (1883).
126) *Ninth Report etc.*
127) *Rep. Board of Health of Michigan* 1884.
128) *Acad. de méd. Mars* 1887.
129) *Der epidem. Teil* 28, 35.
130) *Uffelmann's Jahresbericht* (1885) 166.
131) *Centrbl. f. allg. Ges.-Pfl.* 5. *Bd.*
132) *Ninth Rep. of the Med. Off. of Health.*
133) *Gesammelte Abhandlungen* 2. *Bd.* 436—469.
134) *A. f. Hyg.* 6. *Bd* 282.
135) *Der epidem. Teil* 53.

*Durchfall.*

136) *Hyg. Unters.* 2. *Bd.* 176.
137) *Arbeiten a. d. Kais. Gesundheitsamte* 4. *Bd.* 28.
138) *Vgl.* **Buch & Lewis**, *Med. Times and Gazette* (1876) 1. *Bd.* 94; **Lewis Smith**, *New York Med. Record* (1878), *Mai*; **Johnston**, *Med. Tim. and Gaz.* (1879), 52.
139) *Vgl. auch* **Fodor**, *Hyg. Unters.* 2. *Bd. Taf. IV.*
140) *D. med. Woch.* (1888).
141) *Med. Times* 1876.
142) *Daselbst.*
143) *Hyg. Unters.* 2. *Bd. a. a. O.*
144) *Daselbst* 2. *Bd.* 167 *u. Taf. IV, V.*
145) *Berl. klin. Woch.* (1876) *Nr.* 8, 9.
146) *a. a. O.*
147) *Med. Tim. and Gaz.* (1880) 1. *Bd.* 330.
148) *Hyg. Unters.* 2. *Bd.* 176.
149) *Ninth Report etc.*

*Diphtherie.*

150) *Ueber Croup und Diphtherie im Kindesalter, Wien* (1884).
151) *Lehrb. d. Hyg., Leipzig u. Wien* (1892) 899.
152) *Arb. aus d. Kais. Ges.-Amte* 6. *Bd.* 216.
153) *Uffelmann's Jahresb.* (1885) 173.
154) *Kommentar zur Sanitäts-Karte der Bukovina, Wien* (1880) 76.
155) **X. Francotte**, *Die Diphtherie, übers. von* **M. Spengler**, *Leipzig* (1886) 114.
156) *Lehrb. d. Kinderkrankh.* (1890).
157) *Jahrb. d. Kinderheilk.* 26. *Bd.*
158) *Uffelmann's Jahresber.* (1883) 147.
159) *Daselbst* (1890) 248.
160) *Arch. f. Kinderheilk.* 2. *Bd.*
161) *Lehrb. d. Kinderkrankh.* (1892) 214.
162) **Francotte**, *op. cit.* 112.
163) *Transact. of the Seventh Internat. Congr. of Hyg. London* (1891) 1. *Bd.* 150.

*Tuberkulose.*

164) *Ninth and Tenth Report of the Med. Off. of the Privy Council* (1866 *u.* 1867).
165) **Roth & Lex**, *Handb. d. Milit. Ges.-Pfl.* 1872—77, 1. *Bd.* 306.
166) *Allg. med. Centr.-Ztg.* (1883) 1020.
167) *Internat. med. Kongr., Berlin* (1890).

168) *V. f. ö. Ges.* 6. *Bd.* 1. *H.*
169) *Z. f. Hyg.* 9. *Bd.* 379. *Vergl. auch* **Kugler**, *Allg. med. C. Z.* (1890) 2004.
170) *Wiener med. Presse* (1888) *Nr.* 33.

*Andere Wirkungen.*

171) **Fuchs**, *Med. Geogr.*, *Berlin* (1853); **Mühry**, *Geogr. Verhalt. d. Krankh.*, *Leipzig* (1856); *Derselbe*, *Klimatolog. Untersuch.* (1858); **Ch. Pauly**, *Esquisse de climatologie comparée*, *Paris* (1874); **J. Hann**, *Handb. d. Klimatologie*, *Stuttgart* (1883); **A. Woeikof**, *Die Klimate der Erde*, *Jena* (1887); **S. Günther**, *Lehrb. d. phys. Geogr.*, *Stuttgart* (1891); *ferner* **Jourdanet**, *Influence de la pression de l'air*, *Paris* (1875); **Paul Bert**, *La pression barometrique*, *Paris* (1878); *Derselbe*, *Influence des altitudes*, *IV. internat. Kongr. f. Hyg. in Genf*; **Lombard**, *Influences hygieniques . . . . . des altitudes*, *ibidem*; **Senger**, *Mexico*, *Budapest* (*ungarisch*); *s. ferner die Lehrbücher der Hygiene und die mehrfach citierten Werke von* **Hirsch** *und* **Boudin**.

ACHTES KAPITEL.

# Verseuchung und Assanierung des Bodens.

Ob ein Boden gesund oder ungesund ist, das wird, wie wiederholt hervorgehoben, hauptsächlich vom Grad seiner Feuchtigkeit und seiner Verunreinigung abhängen, da diese zwei Hauptfaktoren zur Entwickelung jener Bodenagentien führen, welche die öffentliche Gesundheit zu beeinträchtigen imstande sind. Doch sind Feuchtigkeit und Verunreinigung des Bodens in unablässigen Veränderungen und Schwankungen begriffen, und je nach deren Zu- oder Abnahme wird auch ihre Wirkung auf die öffentliche Gesundheit sich günstiger oder ungünstiger gestalten.

Diese Aenderungen in der Feuchtigkeit und Verunreinigung des Bodens sind einerseits Folge von Naturkräften, aber andererseits auch von menschlicher Sorglosigkeit und Egoismus abhängig. Die Bodenhygiene ist nun berufen, erstens alle Faktoren zu beleuchten, welche die Durchfeuchtung und Verunreinigung des Bodens zu erhöhen oder zu vermindern vermögen, dann aber auch die entsprechendsten Mittel festzustellen, mittelst welcher der Boden in den der Gesundheit zuträglichsten Zustand gebracht und darin erhalten werden kann. Ich werde also im folgenden die Verschlechterung der Salubrität des Bodens durch Wasser, Feuchtigkeit und Schmutz, sowie die Assanierung des feuchten und verunreinigten Bodens behandeln.

## 1. Insalubrität des Bodens infolge von Wasser und Feuchtigkeit.

Die Wirkungen des Wassers und der Feuchtigkeit, welche den Boden durchdringen, sind in hygienischer Beziehung sehr kompliziert, denn dieselben beeinflussen — wie oben ausgeführt wurde — einerseits den Verlauf der Zersetzungs- und Vegetationsvorgänge niederer Organismen, haben eine Wirkung auf die Feuchtigkeit der Wohnungen u. s. w., andererseits besorgen sie aber auch den natürlichen Reinigungsprozeß im Boden. Meteor- und Grundwässer sind nämlich die natürlichen Auslauge- und somit Reinigungsfaktoren des Bodens, und alles, was auf diesen Auslaugungs- und Reinigungsprozeß störend wirkt, kann eine Insalubrität des Bodens nach sich ziehen. Solche störende Momente sind nun die Ansammlung und Stagnation der

Niederschlags- und Grundwässer, die Sumpfbildung, doch anderseits auch die Abwesenheit der auslaugenden und reinigenden Kräfte, ein Mangel der zeitweisen Durchfeuchtung des Bodens, z. B. infolge von Regenmangel, oder Abschluß des Bodens gegen die Niederschlagswässer, z. B. durch Pflasterung.

Die Sumpfbildung infolge von Ansteigen und Stagnation des Grundwassers hat verschiedene Ursachen und ist bald Folge der gegebenen Naturverhältnisse, bald auf menschliche Eingriffe zurückzuführen. Am häufigsten liegt der Grund darin, daß die auf die Oberfläche gelangten Meteorwässer weder in die Tiefe sinken, weil die Bodenschichten nicht die nötige Permeabilität haben, noch auch oberflächlich abfließen können, weil das Gefälle zu gering ist. Die Sumpfbildung wird also auf Thon-, Mergel- und Lehmboden, welcher gleichzeitig eben oder muldenförmig ist, am häufigsten eintreten. Bei solchen Bodenverhältnissen kann es auch an hochgelegenen Stellen zur Bildung von Sümpfen und stagnierendem hohen Grundwasserstand kommen.

Auch den Flüssen entlang auf flachen Gebieten, in den Deltamündungen wird die Sumpfbildung und Grundwasserstauung häufig beobachtet, weil hier das Grundwasser nicht nur nach dem Fluß hin keinen Abfluß findet, sondern eventuell, besonders bei Hochwasser, auch vom Fluß her gespeist wird, von den Ueberflutungen des Ufergebietes gar nicht zu sprechen. Auf diese Weise kommen zustande: die Sümpfe und stagnierenden hohen Grundwässer auf Inundationsgebieten, die Sümpfe nach Ueberschwemmungen und die hinter den Dämmen bei Hochwasser durch hindurchsickerndes Flußwasser und aufgestautes Grundwasser gebildeten Sümpfe u. s. w.

Doch häufig sind an der Anstauung des Grundwassers infolge behinderten Abflusses menschliche Eingriffe schuld. So hat man in der Gegend der Dombes, welche mehr als 100 m über dem Rhonespiegel liegen, behufs Fischzucht mittelst einiger Dämme (barrages) den Abfluß des Regenwassers behindert und dadurch trotz der hohen Lage in dem thonigen Boden zahlreiche Seen und Sümpfe zustande gebracht[1]. Durch solche künstlichen Fischteiche hat man auch in anderen Gegenden eine Sumpfbildung künstlich herbeigeführt. Auch die den Flüssen entlang errichteten Dämme sind durch Behinderung des Wasserabflusses häufige Ursachen von Sumpfbildungen, und zu ähnlichen Folgen führen aus dem nämlichen Grunde häufig auch Eisenbahndämme, neben welchen Sümpfe entstehen, die Malaria erzeugen, wie das für die italienischen Eisenbahnen nachgewiesen wurde (s. oben). Stagnierende Wässer sammeln sich auch in schlecht angelegten oder verschlammten Straßengräben an.

Berieselungen und Reisfelder können ebenfalls häufig zu Sumpfbildung und Ansteigen der Grundwässer führen. Diesbezüglich verdienen besonders die in neuerer Zeit behufs Reinigung der Sieljauche angelegten Rieselfelder Beachtung. Diejenigen der Stadt Paris (in Gennevilliers) wurden wiederholt beschuldigt, daß sie ein Steigen des Grundwassers in der Nachbargemeinde verursacht haben.

Manche Gewerbeanlagen können auch durch Stauung oder übermäßigen Wasserverbrauch ein Ansteigen des Grundwasserspiegels bewirken. An anderen Stellen kommt es in den behufs Torfstechens, Ziegelschlagens oder Hanfweichens ausgehobenen Gruben zur Sumpfbildung.

Es wurde auch darauf hingewiesen, daß in Städten, die statt der

Brunnen Wasserleitungen angelegt haben, infolge geringerer Entnahme von Wasser aus dem Boden (und andererseits weil ein Teil des Leitungswassers in den Boden versickert) der Boden feuchter wurde, die Grundwasserspiegel überhaupt anstiegen und in Stagnation gerieten, so z. B. in Wien (Suess).

## 2. Assanierung des feuchten Bodens.

Diesen Schädlichkeiten gegenüber ist die Hygiene berufen, die Tagwässer: Sümpfe, oberflächlichen und stagnierenden Grundwässer zum Verschwinden zu bringen und den Boden trocken und durch Wasser auslaugbar zu machen. Solcher Assanierungswerke giebt es aber ebenso viele, als die Ursachen der Sumpfbildung und Grundwasserstagnation vielfältig sind. Natürlich hat die Assanierung vor allem die Ursachen der Feuchtigkeit zu beseitigen.

Manche Nationen haben zur Trockenlegung von Sümpfen, zur Ableitung der oberflächlichen Grundwässer und behufs Assanierung wertvoller Gebiete wahrhaft bewunderungswürdige Werke ausgeführt. Der Einrichtungen der alten Römer behufs Assanierung des Agro Romano wurde bereits oben (S. 162) Erwähnung gethan. Doch verdienen in neuerer Zeit auch ähnliche Werke in den Niederlanden Bewunderung, wo man tiefer als der Meeresspiegel gelegene Gegenden, die früher Meeresgrund waren, in wertvolle Felder umgewandelt hat. England hat besonders in seinen östlichen Küstenstrichen schon im vorigen Jahrhundert Bodenameliorationen im großen Maßstab ausgeführt und thut in der Gegenwart dasselbe in seinen Kolonien. In neuerer Zeit sind die Assanierungen der Landes-, Dombes- und Sologne-Gebiete in Frankreich, die Stromregulierungen im Po- und Etsch-Thale, die Trockenlegung und Bebauung der pontinischen Sümpfe, der toskanischen Maremmen und des Fucino-Sees in Italien, endlich die gleichfalls schon im vorigen Jahrhundert begonnenen Flußkorrektionen, Ableitungen und Bodenameliorationen in Südungarn also die großartigsten Bodenassanierungswerke erwähnenswert.

Das 8000 qkm umfassende Landes-Gebiet in Westfrankreich, welches früher dünn bevölkert und ungesund war, ist jetzt ein blühender Landstrich. Die Bresse und namentlich der Dombes genannte Teil in der Nähe von Lyon (112,725 Hektare) wurde durch Trockenlegung der stagnierenden Gewässer und Sümpfe, durch Versorgung der Fischteiche mit frischem Wasser, Anlage von Tiefbrunnen und insbesondere durch intensive Bodenkultur und Baumpflanzungen gleichfalls assaniert. Früher betrug das Mortalitätsverhältnis hier 40,4 p. M., und es konnten kaum wehrfähige Männer gefunden werden; nach den Assanierungswerken ging die Sterblichkeit bedeutend zurück (25,4 p. M. im Jahre 1870), und auch die Körperkraft und Gesundheit der Bevölkerung haben zugenommen. Aehnliche sanitäre Erfolge wurden mit der Assanierung des Bodens auch in anderen Gegenden Frankreichs erzielt [2].

Auch in Südungarn haben die Flußregulierungen und Ableitungen, und insbesondere die landwirtschaftlichen Ameliorationen zu überraschenden Resultaten geführt, die auch durch Anlage von Tiefbrunnen und artesischen Brunnen, welche im ungarischen Tiefland (Alföld) jetzt schon zahlreich angetroffen werden, unterstützt wurden.

In den volkreichen Städten und Dörfern des Alföld ist die Malaria nun kein gefürchteter Gast mehr. Die Bodenameliorationen in Deutschland (Jadebucht, Wilhelmshafen) sind zur Genüge bekannt.

Wir können hier nicht alle die unzählbaren Mittel schildern, mit welchen die moderne Hydrotechnik stagnierende Gewässer ableitet, die in breiten Betten langsam dahinfließenden Wasserläufe einengt und beschleunigt, und mit rasch fließenden Kanälen speist — oder die in Holland durch Windmühlen betriebenen Pumpen beschreiben, welche das Wasser aus Vertiefungen heben, und die zum selben Zweck angewendeten modernen Dampfmaschinen [3]. Ich will also bloß die in der Praxis mehr verbreiteten Verfahren kurz angeben. Hierher gehören:

Das Ziehen von Gräben und Kanälen, welche das Wasser ableiten und den Grundwasserspiegel auf das Niveau der Grabensohle herabsetzen (Fig. 17). Es ist nicht zu vergessen, daß das Ausheben der Gräben, wie jede Arbeit in brach gelegener feuchter Erde, für die Arbeiter besonders zur warmen Jahreszeit gefährlich ist, weil es, wie oben gezeigt

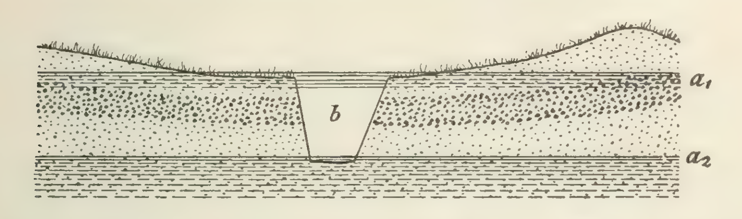



Fig. 17. Senkung des Grundwassers durch Gräben. $a_1$ Höhe des Grundwasserspiegels vor Anlage des Grabens. $a_2$ derselbe bis auf die Grabensohle gesenkt. *b* Entwässerungsgraben.

wurde, Malariafieber verursacht. Der Nutzen der Gräben hört auf, wenn das Gefälle fehlerhaft ist oder Verschlammung eintritt, weil dann das stagnierende Wasser Malaria erzeugt. Besonders gesundheitsschädlich wirkt das Einleiten von Stalljauche, Fäkalien, Industrie- und anderen Abfällen, oder das Einweichen von Hanf in solchen zur Trockenlegung des Bodens bestimmte Gräben.

Die Drainage ist ein modernes Mittel zum Senken des oberflächlichen Grundwasserspiegels, welches nicht bloß zu Assanierungszwecken, sondern auch in der landwirtschaftlichen Bodenamelioration weite Verbreitung gefunden hat, und besonders zur Entwässerung von durch Berieselung bewässerten Feldern angewandt wird. Zu diesem Behufe pflegt man gebrannte Thonröhren von 3—5—10 und mehr cm Durchmesser (Fig. 18 *a*) oder auch zweckentsprechend aufgerichtete Backsteine oder Dachziegel (*b* und *c*) 1—1½ und mehr m tief der Länge nach so in den Boden zu verlegen, daß die so gewonnene Ableitung mit mäßigem Gefälle einem tiefer gelegenen Endpunkt zustrebt (Fig. 19). Das zu entwässernde Terrain wird mit einem Netz solcher Röhren durchsetzt, dessen einzelne Stränge auf 12—24 m voneinander liegen. Am Endpunkt wird das Drainagewasser in einen Fluß oder Bach, wenn diese tiefer liegen, frei ausfließen, im entgegengesetzten Fall aber mittelst Maschinenkraft dahin gehoben werden.

Die Kanalisation bewirkt in der Regel auch eine Trockenlegung des Bodens. Grundwasser, dessen Spiegel höher als die Kanalsohle

liegt, wird durch die Wand in das Siel eindringen und mit der Sieljauche abfließen. Diese austrocknende Wirkung der Kanalisation auf den Boden ist schon seit langem bekannt. Liverpool verbrauchte täglich 12.750,000 Gallonen Leitungswasser, wogegen die Siele an regenlosen Tagen 26 Mill. Gallonen abführten; der Ueberschuß ist offenbar in die Siele eingedrungenes Grundwasser [4] Aehnliches hat man in

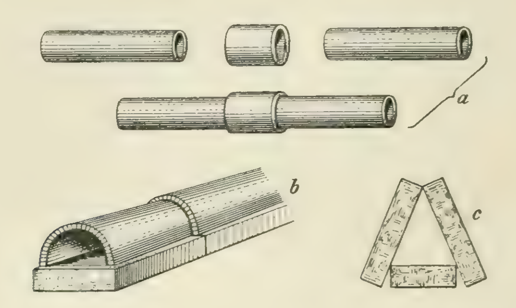



Fig. 18. Drainage durch *a* gebrannte Thonröhren, *b* Backsteine und Dachziegel, *c* Backsteine.

zahlreichen anderen Städten Englands beobachtet (Corfield) [5]. Die Drainagewirkung der Kanalisation, welche noch besonders erhöht werden kann, wenn man die Sohlenpartie der Siele aus drainierenden Steinzeugstücken herstellt, oder neben die Siele noch besondere Drainrohre verlegt, hat ihren Grund nicht nur darin, daß die Siele Grundwasser aufnehmen und ableiten, sondern auch in der Lockerung des Bodens beim Bau der Siele, wodurch muldenförmige, mit undurchlässigen Rändern versehene Wasserbecken nach allen Richtungen durchschnitten und dem Grundwasser leichte Abflußwege bereitet werden. (Näheres siehe in Band II dieses Handbuchs, unter Kanalisation.)

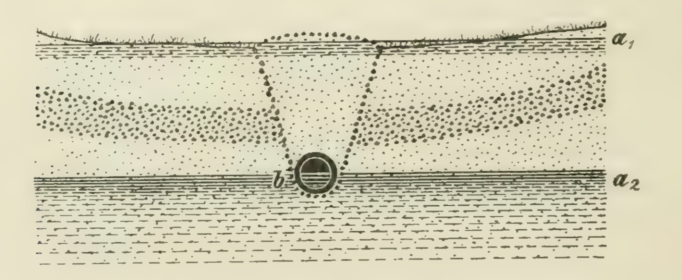



Fig. 19. Austrocknung durch Drainage. $a_1$ Höhe des Grundwasserspiegels vor, $a_2$ nach Anlage der Drainage, *b* Drainrohr.

Schwindbrunnen werden an Orten angelegt, wo oberflächliches Grundwasser auf einer nicht tiefgelegenen und nicht sehr mächtigen impermeablen Schicht angesammelt steht, unter welcher eine durchlässige Schicht (Kies, Sand) sich auf beträchtliche Tiefen ausdehnt, die noch Wasser aufnehmen kann. In solchen Fällen wird die impermeable

Schicht bis auf den Kies mittelst unausgemauerten Brunnen durchbohrt, und letztere werden mit Stein- und Ziegelfragmenten angefüllt, zwischen welchen das oberflächliche Grundwasser in die Tiefe sinkt. (Fig. 20.) Auch durch Drainrohre gesammeltes Grundwasser kann mittelst Schwindbrunnen in die Tiefe abgeleitet werden.

Die Anschüttung des Terrains oder Colmatage trachtet auf indirektem Wege den Grundwasserspiegel von der Bodenoberfläche zu entfernen.

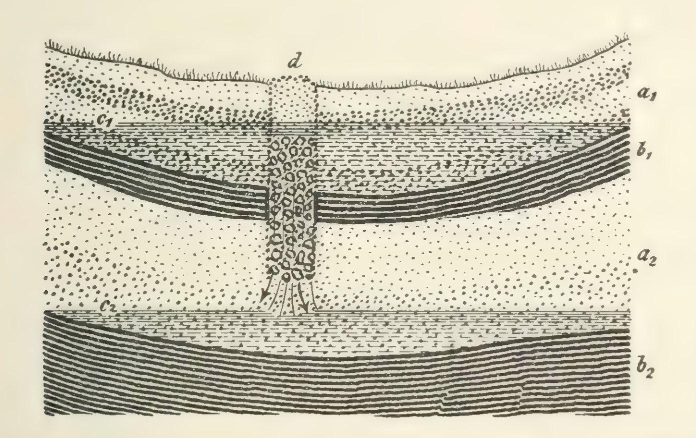



Fig. 20. Schwindbrunnen. $a_1$ wasserführende Schicht, $b_1$ undurchlässige Schicht, welche den Abfluſs des in $a_1$ enthaltenen Wassers verhindert, $d$ der mit Steinfragmenten gefüllte Schwindbrunnen, $a_2$ die Wasser führende Schicht, welche das aus $a_1$ stammende Wasser aufnimmt, $b_2$ die undurchlässige Schicht unter $a_2$, $c_1$ der frühere Grundwasserspiegel, $c_2$ der „gesenkte" Grundwasserspiegel.

Sie besteht ursprünglich darin, daß man sinkstoffhaltige Gewässer bei Hochwasser in die tiefer gelegenen Gebiete austreten läßt, wo die abgesetzten Sinkstoffe das Terrain allmählich erhöhen. Auf diese Weise wurden entlang des Po und der Etsch weite Gebiete erhöht. In anderen Fällen werden Bäche oder Flußarme mit schnellerer Strömung auf lockeren Boden geleitet, von wo sie das Erdreich wegschwemmen und auf den tiefliegenden Stellen ablagern. Doch wird auch direkte Anschüttung mit zugeführtem Erdreich angewendet. So hat man einen großen Teil von Wilhelmshaven angeschüttet [6], und auch in Budapest wurden seit 1838 ganze Stadtteile, in neuerer Zeit aber die tieferen feuchten und sumpfigen Teile des Stadtparkes auf diese Weise erhöht.

Ferner trachtet man die Bodenfeuchtigkeit durch Anpflanzung einer Vegetation zu verringern, welche rasch wächst und viel Wasser aufzusaugen und zu verdunsten imstande ist [7]. In früheren Zeiten war Helianthus annuus beliebt, in neuerer Zeit hat man Eucalyptus-Arten (E. globulus, marginata, amygdalina etc.) versucht, so besonders in Algier und Italien, aber auch in Oesterreich (dalmatinische und istrianische Küsten, Pola). Die Bäume verbrauchen zu ihrem schnellen Wachstum und zur Belaubung viel Wasser und organische Substanzen und bewirken die Austrocknung des Bodens angeblich auf diesem Wege. Während man sich auf einer Seite lobend äußert (Naudin) [8], lauten die italienischen Erfahrungen durchaus un-

günstig, insbesondere nachdem im Kloster Tre Fontane, welches man mittelst Eucalyptus assaniert zu haben glaubte, seit 1882 die Malaria in der alten Heftigkeit auftrat (Tommasi Crudeli)[9]. Seitdem ist man wieder auf die alten Anpflanzungen von Ahorn, Eichen, Laurus glandulosa etc. zurückgekommen[10].

Die Assanierung kann auch mit einem dem Obigen ganz entgegengesetzten Verfahren, nämlich durch konstantes Unterwassersetzen des Terrains erreicht werden, welches auf der Erfahrung fußt, daß der Sumpfboden gerade durch die Schwankungen des Wassers, durch die abwechselnde Ueberflutung und Austrocknung gesundheitsschädlich wird. Nach in Südfrankreich gesammelten Erfahrungen hören Seen und Sümpfe auf, faulig und schädlich zu sein, wenn der Wasserstand in denselben 1 m erreicht[11]. Eine Vertiefung des Bodens der Sümpfe führt also oft zur Assanierung, was teilweise auch durch zeitweilige Reinigung des Grundes von Schlamm und niederem Pflanzenleben erreicht wird.

Zur Verminderung der durch Feuchtigkeit verursachten Schädlichkeiten dient überdies eine gehörige Bearbeitung und Bewirtschaftung des Bodens. Durch Ackern und Bebauen und durch die damit einhergehende Auflockerung und Durchlüftung, durch das rasche Wachstum von Getreide und Futtergräsern wird die Austrocknung und Assanierung der Erde in hohem Maße gefördert. Andererseits können gesunde Gegenden mit Abnahme der Kultur malarisch werden, und Colin hebt hervor, daß die Umgebung von Rom mit dem Zeitpunkt anfing ungesund zu werden, als die Stadt an Macht zunahm und aufhörte die Felder zu bebauen, sondern das Korn aus den Provinzen importierte. In diesem Sinne äußern sich auch italienische Fachmänner auf Grund der bei den neueren Assanierungsarbeiten dort gemachten Erfahrungen (Tommasi Crudeli).

Mit den beschriebenen Austrocknungs- und Assanierungswerken kann man auch bei ungünstigen Verhältnissen schätzbare Resultate erzielen. Hierfür sprechen neben den europäischen insbesondere auch die in den Tropen gesammelten Erfahrungen. So hat Stokvis auf dem X. (Berliner) internat. mediz. Kongreß die Mitteilung gemacht, daß in dem früher als durchaus ungesund bezeichneten Jamaica jetzt eine geringere Sterblichkeit herrscht, als in Spanien oder Italien, und hat dieses Resultat der rationellen und energischen Assanierung des Bodens und der Ortschaften zugeschrieben.

Wo die Feuchtigkeit des Bodens von spezifischen lokalen Ursachen abhängt, wird man dieselbe durch entsprechende lokale Maßnahmen verringern. In der Umgebung einzelner Häuser oder Gewerbeanlagen kann man eine übermäßige Durchfeuchtung des Bodens durch Meteor- oder Industriewässer mittelst entsprechender Pflasterung verhindern und das Wasser in Gräben ableiten. Man darf aber mit Recht die Frage aufwerfen, ob ein Bedecken des Bodens mit luftdichtem Pflaster in großer Ausdehnung nicht in anderer Hinsicht schädlich wirkt, da hierdurch das Austrocknen des Bodens verhindert und dieser konstant feucht erhalten, namentlich aber eine Auslaugung und Entfernung der organischen Substanzen und deren Zersetzungsprodukte aus dem Boden verhindert wird. Diese Frage verdient weitere Beachtung und Untersuchung.

Gruben in Ziegeleien, Hanfweichen und andere kleinere natürliche

Bodensenkungen, welche Wasser ansammeln, müssen zugeschüttet werden, insbesondere wenn es unmöglich ist, das Wasser durch Gräben, Schwindbrunnen etc. zu entfernen.

Besondere Sorgfalt erheischt die Trockenlegung und Assanierung des Bodens nach Ueberschwemmungen. Diesbezüglich finden sich detaillierte Angaben und Anweisungen bei Rózsahegyi[12], Du Claux[13], ferner in zahlreichen amtlichen Instruktionen und Verordnungen.

### 3. Durch Abfallstoffe verunreinigter Boden und dessen Assanierung.

Der Boden unserer Wohnungen ist besonders in Städten durch menschliche und tierische Exkremente, Abfälle und Abwässer der Haushaltungen und Gewerbeanlagen, Leichen von Menschen und Tieren etc. einer vielseitigen und hochgradigen Verunreinigung ausgesetzt. Ein beträchtlicher Teil dieses Schmutzes bleibt an der Oberfläche des Bodens haften, geht hier in Fäulnis über, trocknet aus und zerstäubt und gelangt schließlich in Wohnungen, Nahrungsmittel und in den menschlichen Körper. Das übrige dringt in den Boden ein, wo es den beschriebenen Prozessen (Kap. V) verfällt.

Aus obigen Erörterungen (siehe besonders die über Cholera, Typhus und Diarrhöe handelnden Teile) geht klar hervor, daß für einige epidemische Krankheiten gerade der an der Oberfläche sich ansammelnde Schmutz die Hauptquelle der Schädlichkeit ist. Demgemäß hat auch die Assanierung des Bodens zunächst auf eine Reinhaltung der Bodenoberfläche abzuzielen.

Man wird, meines Erachtens, in der Zukunft der Verunreinigung der Bodenoberfläche mehr Aufmerksamkeit schenken und demgemäß auf die oberflächliche Reinhaltung der Ortschaften mehr Gewicht legen müssen, als man es bisher gethan, und prinzipiell dahin zu streben haben, daß jedwede Verunreinigung in Straßen, Höfen, Häusern von der Bodenoberfläche ferngehalten resp. sofort und vollständig entfernt werde.

Die Erörterung der zur äußeren Reinhaltung der Ortschaften dienenden hygienischen Einrichtungen und administrativen Anordnungen gehört in das Kapitel „Wohnungen"; doch müssen wir gleich hier konstatieren, daß ein einfaches nachlässiges Zusammenkehren und Entfernen des Kehrichtes und der Abfälle von der Bodenoberfläche uns nicht befriedigen kann, weil ein bedeutender Teil der Unreinigkeit dort bleibt und verstäubt wird und in die Wohnungen, Nahrungsmittel, ins Wasser und endlich in den menschlichen Körper eindringt. Die Bodenoberfläche muß gründlich aufgewaschen und abgespült werden, weil die Reinhaltung, besonders in Städten, wo die Unreinigkeit am reichlichsten produziert wird, nur auf diesem Wege vollkommen gelingt.

Dabei müssen wir insbesondere in der Umgebung unserer Wohnungen und in Städten bestrebt sein, zu verhindern, daß die Unreinigkeit in den Boden eindringe. Andere Kapitel der Hygiene haben sich mit der Beschreibung und Kritik der Maßnahmen zu beschäftigen, welche dies zu bewirken imstande sind, als: zweckmäßige Pflasterung,

Kanalisation und Abfuhr der Abfallstoffe, Begräbniswesen u. s. f. (s. Band II dieses Handbuchs).

Eine rasche Assanierung des bereits verunreinigten Bodens scheint unerreichbar zu sein. Das einzige direkte Mittel wäre Ausgraben und Abfuhr der verunreinigten Bodenschichten. Die genauere Feststellung der Verfahren gehört in die allgemeine Bauhygiene (s. Band IV dieses Handbuches). Einigermaßen assaniert kann ein verunreinigter Boden auch dadurch werden, daß man ihn mit einer reinen Erdeschicht bedeckt, durch welches Mittel, wie oben (S. 223) erwähnt wurde, ein Ort von Malariaboden befreit werden kann. Der beste Erfolg scheint durch eine Kombination dieses und des ersteren Verfahrens erreichbar.

Fodor[14] hat vor längerer Zeit bei Verdacht von Infektion die Desinfektion des Bodens in Vorschlag gebracht; an mehreren Stellen des Terrains wurden Eisenrohre in den Boden eingetrieben und durch diese Chlorgas eingeblasen, welches sich in den Bodenschichten rasch ausbreitet und, wie die Budapester Versuche beweisen, die Zersetzung und Kohlensäureproduktion im Boden für eine Zeit aufhält, mithin thatsächlich desinfiziert. Doch dürfte dieser Vorschlag kaum eine praktische Bedeutung haben, da der Erfolg zweifelhaft und die Ausführung schwierig ist.

Man darf nicht übersehen, daß die Pflasterung der Ortschaften den Austausch der Grundluft mit der Atmosphäre wesentlich beeinträchtigt. Dieselbe wird zwar den Austritt von Grundluft und anderen Substanzen aus dem Boden in den Luftkreis der Straßen und Häuser verhindern und hierdurch günstig wirken; andererseits muß aber außer der oben erwähnten schwierigeren Austrocknung des Bodens, infolge des behinderten Luftwechsels, die Zersetzung der organischen Substanzen im Boden sich in die Länge ziehen, und statt Oxydation Fäulnis eintreten, deren Produkte durch Vermittelung des Grundwassers und der Grundluft schließlich doch in den menschlichen Körper gelangen. Gärten, Parks und Höfe bilden also mit ihren ungepflasterten Oberflächen gleichsam Respirationsflächen des Bodens, dessen Selbstreinigung sie beschleunigen, doch kann nicht entschieden werden, ob sie nicht auch schädliche Produkte exhalieren, insbesondere gegen den Herbst, dann am Abend und in der Nacht, zu welcher Zeit die Grundluft eine so große Tendenz zum Austritt an die Oberfläche hat.

Stäbe[15] wünschte auch die Ventilation des Bodens besonders unter den Wohnhäusern in die Reihe der stabilen bodenhygienischen Maßnahmen aufzunehmen, durch welche er einerseits die schädlichen Emanationen vom Luftkreis der Wohnungen fernzuhalten, andererseits den Selbstreinigungsprozeß des ventilierten Bodens zu beschleunigen hoffte; doch dürfte auch diesem Vorschlag, schon wegen der schwierigen Ausführung, eine praktische Bedeutung kaum zukommen.

### 4. Asepsie des Bodens.

Die Reinhaltung des reinen Bodens und die Assanierung des verunreinigten Bodens kann nach allen unseren Erfahrungen für die Gesundheitspflege nicht hoch genug angeschlagen werden. Englische Aerzte haben schon vor Jahrzehnten die auffallenden hygienischen Resultate

hervorgehoben, welche durch die Reinhaltung des Städtebodens namentlich mittelst Kanalisation und Wasserversorgung erreicht wurden, und Buchanan[16] schrieb für von ihm untersuchte 24 englische Städte die nach der Kanalisation erkennbare bedeutende Abnahme der Cholera, des Typhus, der Diarrhöe und überhaupt besonders der Kindersterblichkeit diesem Reinigungsprozeß zu. Obschon Virchow[17] und Flügge[18] diese Angaben seinerzeit einer scharfen Kritik unterzogen und darauf hingewiesen haben, daß während jener Zeiträume die genannten Krankheiten nicht bloß in den kanalisierten, sondern auch in den nicht kanalisierten Städten und überhaupt in ganz England zurückgegangen sind, so tritt der Einfluß und der Nutzen der Reinlichkeit in der gedachten Richtung doch immer klarer hervor, und muß die allgemeine Besserung des Gesundheitszustandes in den Gemeinden ganz Englands offenbar in erster Stelle auch der Verbreitung der öffentlichen Reinlichkeit und insbesondere der Reinlichkeit der Bodenoberflache gutgeschrieben werden, auch an Orten, wo eigentlich nicht einmal kanalisiert wurde. Seitdem erzielten auch Danzig und Frankfurt a. M., München und Berlin, Wien und Budapest etc. hinsichtlich der Abwehr jener Infektionskrankheiten außerordentliche Fortschritte, und Lievin[19], Varrentrapp[20], Pettenkofer[21], Soyka[22] u. a. säumten nicht, diese Besserung der rascheren und vollkommneren Entfernung der Abfallstoffe und deren Fernhalten vom Boden zuzuschreiben.

Auf diesen Erfahrungen fußt die Berechtigung der Bodenhygiene, wenn sie behufs Reinhaltung der Oberfläche und des Innern des Bodens mit den weitgehendsten Forderungen auftritt. Denn es muß als vollkommen berechtigt anerkannt werden, wenn die Hygiene, um Städte, Dörfer und Wohnungen frei von Infektion und gesund zu erhalten, gerade so eine allgemeine Asepsie der Städte, Dörfer und Wohnungen fordert, wie es Chirurgen hinsichtlich der Wunden thun. Man möge in der Umgebung der Menschen alle Arten von Abfällen und Unreinigkeit sofort nach dem Entstehen und so vollkommen entfernen, daß gar nichts auf oder in den Boden gelangen oder hier zurückbleiben könne. Dann werden wir auch einen reinen Luftkreis atmen und reines Wasser genießen können, unsere Nahrungsmittel werden seltener der Fäulnis ausgesetzt sein, Infektionsstoffe werden in unserer Umgebung keine günstigen Nährstoffe finden, und wir werden nicht von der Unzahl von Zersetzungsorganismen bestürmt sein, die jetzt vom verunreinigten Boden fortwährend zerstäuben, und durch das Wasser in unseren Haushalt gelangen.

Die wichtigste Anforderung einer modernen Wohnungshygiene ist die Asepsie des Bodens.

1) **J. Arnould**, *Nouveaux élém. d'hyg., Paris* (1889) 117.
2) *Vgl.* **L. Colin**, *Traité des fièvres intermittentes, Paris* (1870); **Cyrnos**, *Journ. d'hyg.* (1888) *No* 434; **Thénard**, *De l'influence des transformations agricoles etc., Paris* (1887); *ferner* **Arnould**, *l. c.* 131.
3) *Vergl.* **R. Baumeister**, *Stadterweiterungen in techn., baupolizeil. und wirtschaftl. Beziehung* (1876). *Derselbe, Städt. Straßenwesen etc.* (1890). **A. Ronna**, *Les Irrigations. Paris* (1888).
4) **J. B. Denton**, *Sanitary Engineering, London* (1877) 164.
5) *Treatment and Utilisation of Sewage, London* (1887), *III. Aufl.* 189 *u. ff.*
6) **Brunhoff**, *in Uffelmann's Jahresber* (1887) 109.
7) *Vgl.* **Göppert**, *V. f. öff. Ges.* 9. *Bd.* 718.
8) *Journ. d' hyg No.* 483.
9) *Le malarie delle Tre Fontane, Acad. d. Lincei* (1883).

10) *Uffelmann's Jahresber.* (1885) 100.
11) **Arnould**, *a. a. O.* 144.
12) *Hygien. Grundsätze bei der Rekonstruktion von Städten mit besonderer Rücksicht auf Szegedin, Berlin* (1884).
13) *Ann. d'hyg. publ.* (1883) *März.*
14) *Allg. med. Centr. Ztg.* (1875) *No.* 66.
15) *Bodenventilation, Magdeburg* (1873).
16) *Ninth Report etc., London* (1867).
17) *Kanalisation oder Abfuhr, Berlin* (1869).
18) *Beitr. z. Hyg., Leipzig* (1879).
19) *V. f. öff. Ges.* (1874).
20) *Entwäss. d Städte* (1868); *ferner V. f. öff. Ges.* 12. *Bd.*
21) *V. f. öff. Ges.* 6. *Bd.*; *ferner: Der epidem. Teil etc.*
22) *Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände, München* (1880).

---

NEUNTES KAPITEL.

# Methoden der hygienischen Bodenuntersuchung.

Seitdem die Hygiene auf gewisse Verhältnisse des Bodens Gewicht legt, schenkt sie auch der Bodenuntersuchung gebührende Sorgfalt. Anfangs mußte sie mit den in der Geologie, Meteorologie, Landwirtschaft und Chemie vorhandenen Methoden vorlieb nehmen, hat aber gar bald für die eigenen Zwecke besondere Methoden ausgearbeitet und erprobt, so zur Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit, zum Messen des Grundwassers, zur Beobachtung und Analyse der Grundluft, zur bakteriologischen Bodenuntersuchung u. s. f.

Eine detaillierte und systematische Beschreibung aller dieser Methoden würde den Rahmen dieses Werkes überschreiten, kann aber mit ruhigem Gewissen vermieden werden, da dieselben in den dem praktischen Hygieniker ohnedies unentbehrlichen Handbüchern der hygienischen Untersuchungsmethoden nachgeschlagen und in Verbindung mit anderen Verfahren (Wasser- und Luftuntersuchung) studiert werden können[1]. Ich will mich also auf eine Schilderung der Bodenuntersuchungsmethoden in ihren Hauptzügen beschränken.

## 1. Methoden der geologischen und petrographischen Bodenuntersuchung.

Die Untersuchung der Bodenkonstituenten ist in geologischen und petrographischen Lehrbüchern (s. oben S. 53), ferner in dem J. Steinsieder'schen Werke[2] eingehend beschrieben.

Die Feststellung der Niveauverhältnisse erfolgt nach den Regeln der Vermessungslehre, über welche die Fachwerke, z. B. von Baule[3] u. a. Aufschluß geben.

## 2. Bestimmung der mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Um die mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens bestimmen zu können, schreitet man zunächst zur Entnahme einer Bodenprobe.

Lissauer[4] benutzte scharfkantige Metallcylinder, mit welchen er die Erdprobe von der Bodenoberfläche oder von dem geebneten Boden einer mit der Hand ausgehobenen Grube ausstach.

Flügge[5] nahm ähnliche Cylinder, die an den beiden Oeffnungen mit Metalldeckeln luftdicht verschlossen und durch an den letzteren befindliche Rohransätze mit Röhren, Aspiratoren etc. verbunden werden konnten.

Zur Bodenuntersuchung und Probenahme ist es am einfachsten, den Boden durch Aufgraben zu erschließen; einfach ist auch der von Fodor verwendete Tellerbohrer oder ein Röhrenbohrer (Fig. 21 1, 1′), beide mit größerem Durchmesser und kürzerer Stange für die oberflächlichen (1—2 m) Schichten, und mit kleinerem Durchmesser

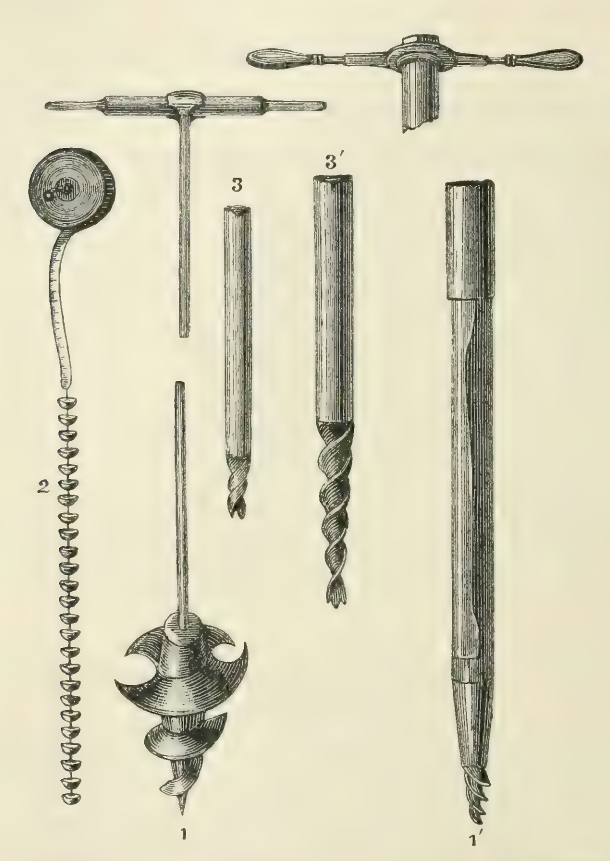



Fig. 21. 1 Tellerbohrer. 1′ Röhrenbohrer. 2 Pettenkofer's Meſsband zur Bestimmung des Grundwasserspiegels. 3, 3′ Eisenrohre mit Schraubspitze zum Einführen von Aspirationsröhren in den Boden.

und längerer Stange für größere Tiefen (unter 2 m), mit welchen aus der gewünschten Tiefe Bodenproben von 200—500 g entnommen werden können[6].

Aehnlichen Zwecken entspricht der Röhrenbohrer C. Fränkel's[7] mit 12 cm langen, 2 cm tiefen löffelförmigen Ausschnitten, welche zur

Aufnahme der Erde bestimmt und durch eine Hülse verschließbar sind. Bei Linksbohrung bleibt die Hülse geschlossen; in der Tiefe angelangt, wird rechts gebohrt, und dadurch der Ausschnitt geöffnet und mit Erde gefüllt; wird jetzt abermals links gebohrt, so schließt sich die Hülse, und der Bohrer kann mit der Erde entfernt werden, ohne daß diese mit anderen Bodenteilen verunreinigt würde. (Fig. 22.)

Die Korngröße des Bodens wird durch Blechsiebe mit Löchern von 3 bis 1 mm und weniger Durchmesser sortiert, und die Feinerde durch sogenannte Schlemm-, Sedimentier- und Spülapparate weiter zerlegt[8].

Nach der Knopp'schen Klassifikation nennt man:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Grobkies | die Teile mit mehr als | 7 | mm Durchmesser |
| Mittelkies | „ „ „ | 4—7 | „ „ |
| Feinkies | „ „ „ | 2—4 | „ „ |
| Grobsand | „ „ „ | 1—2 | „ „ |
| Mittelsand | „ „ „ | 0,3—1 | „ „ |
| Feinsand | „ „ „ | weniger als 0,3 | „ „ |

Das spezifische Gewicht des Bodens bestimmt man mittelst Pyknometers, welches zu diesem Behufe zuerst mit Wasser (oder Petroleum[9]) gefüllt abgewogen wird. Hierauf bringt man vorsichtig ein wenig (circa 5 g) getrockneten Boden in das geleerte Pyknometer, füllt etwas Wasser (Petroleum) dazu, treibt die im Boden enthaltene Luft durch Erwärmen oder im Vakuum vollständig aus und wägt das vollgefüllte Pyknometer wieder ab. Aus den erhaltenen Gewichtsverhältnissen läßt sich dann das spezifische Gewicht des Bodens berechnen (s. Flügge).

Der Luftgehalt und das Porenvolumen des Bodens kann auf verschiedene Weise festgestellt werden. Auf Seite 104—5 habe ich die als Vortragsdemonstration verwendbare Methode beschrieben, bei welcher die Luft in den Poren der Erde durch Wasser ersetzt, und das Volumen des letzteren bestimmt wird. Am physikalisch richtigsten würde man eine (mit dem Flügge'schen Apparate ausgestochene) Bodenprobe von bekanntem Volumen abwägen, die erhaltene Zahl durch das spezifische Gewicht des Bodens dividieren und nun das so erhaltene Volum der festen Masse vom Gesamtvolumen abziehen; der Rest ist das Porenvolumen.

Fig. 22.
C. Fränkel's Erdbohrer.

Flügge hat zur Bestimmung des Porenvolumens durch — mit seinem Apparate ausgestochene — Bodenproben von bekanntem Volumen Kohlensäuregas geleitet, die ausgetriebene Luft über Kalilauge in einem Eudiometer aufgefangen und hier deren Volumen festgestellt.

Die bei Felsboden anzuwendende Methode ist bei Lehmann beschrieben.

Die Porengröße des Bodens wird erhalten, wenn man vom Porenvolumen den Rauminhalt des kapillar gebundenen Wassers (s. unten) subtrahiert. Der Rest giebt die relative Menge der mehr als kapillarisch großen Poren im Vergleich zu den Kapillarporen, welchen letzteren das Volumen des gebundenen Wassers entspricht.

Die Permeabilität des Bodens für Luft wird mit der durch Bodenschichten von gleicher Höhe und gleichem Querschnitt, unter gleichem geringen Drucke (langsam) durchgeleiteten Luftmenge gemessen (Renk)[10].

Von kompaktem Boden (Sand-, Kalkstein u. a.) verfertigt man Stücke von Form und Größe eines Backsteins, bedeckt dieselben an den vier Schmalseiten mit Siegellack, klebt an den beiden breiten Seiten zwei in der Mitte durchbohrte und mit Kautschukstöpsel verschließbare Blechplatten hermetisch an, und demonstriert dessen Permeabilität, indem man Luft durchbläst oder aspiriert.

Die Strömungen der Grundluft im Boden versuchten Fodor und Smolensky mit in den Boden geblasenem Kohlenoxydgas zu messen. Die von der Umgebung des Einblaseortes aspirierte Luft wurde in kurzen Zeiträumen auf Kohlenoxyd geprüft. Zum selben Zweck würde sich auch Einblasen von Chlorgas eignen.

Das Austreten der Grundluft auf die Oberfläche hat Fodor durch in 1—2 cm und 1—2 m über dem Bodenniveau angestellte parallele Kohlensäurebestimmungen gemessen. Vogt meint dieses Austreten aus der Abnahme des Barometerstandes erklären zu können (s. im Text). Auch das Recknagel'sche Differentialmanometer[11] eignet sich zur Messung des im Boden herrschenden Luftdruckes, aus welchem auf die Grundluftströme gefolgert werden kann.

Die Feuchtigkeit oder den Wassergehalt des Bodens hat Fodor direkt bestimmt, indem er mit dem Bohrer frisch ausgehobene Erdproben von bekanntem Gewicht abwog, austrocknete und den Wassergehalt aus dem durch wiederholtes Wägen erhaltenen Gewichtsverlust berechnete. Indirekt wird sie aus den Niederschlags- und Verdunstungswerten, durch Messen der in den Boden eingedrungenen Wassermengen, aus Stand und Schwankungen des Grundwassers bestimmt, oder aus Lage, Niveauverhältnissen des Bodens, aus seiner Permeabilität und Bindekraft für Wasser und aus der Kapillarität abgeschätzt, ferner aus der an der untersuchten Stelle gefundenen Vegetation (Schilf, Weiden etc.) beurteilt.

Die zur Bestimmung der Niederschläge, der Verdunstungsgröße und der in den Boden eingedrungenen Wassermengen dienenden Apparate (Ombro- oder Udometer, Atmometer, Lysimeter) finden sich in meteorologischen Fachwerken, und auch bei Flügge, Lehmann und Emmerich-Trillich beschrieben.

Die Permeabilität des Bodens für Wasser wird annähernd aus der Schnelligkeit abgeschätzt, mit welcher in einem gepumpten Brunnen der frühere Wasserstand sich herstellt[12]. In Laboratorien pflegt man dieselbe aus der Schnelligkeit zu beurteilen, mit welcher das auf in Röhren enthaltene Bodenproben in gleich hohen Schichten aufgegossene Wasser abträufelt. Man kann auch das Wasser unter einem konstanten Druck von unten durch den Boden aufsteigen lassen, und die in einem gewissen Zeitraum von oben abgeflossene Wassermenge in einem Maßgefäß auffangen.

Die absolute Wasserkapacität des Bodens erhält man aus dem Porenvolumen, mit welchem dieselbe gleich ist.

Die kapillare Bindekraft für Wasser bestimmt man einfach in der Weise, daß man auf in Trichtern oder Röhren enthaltene Bodenproben von bekanntem Volumen oder Gewicht abgemessene Wassermengen in kleinen Anteilen aufgießt, und die abgeträufelte Menge von der aufgegossenen abzieht; die Differenz zeigt die gebundene Menge Wassers. Bei einem genaueren Verfahren wird die Bodenprobe in ein entsprechendes Gefäß mit Wasser eingestellt, so daß das Wasser von unten in den Boden aufsteigen muß; nachdem man gehörig hat abtropfen lassen, wird die Gewichtszunahme bestimmt.

Bei der Bestimmung der Bindekraft in Röhren ist zu bemerken, daß nach Renk, Heinrich u. a. (Z. f. Biol. 15. Bd., resp. Jahresber. d. Fortschr. Landw. 1888) in der unteren Hälfte der Rohre von der Bodenprobe 1—3-mal mehr Wasser gebunden werden kann, als in der oberen Hälfte.

Um die kapillare Leitung des Wassers im Boden zu messen, wird dieser in weitere Röhren (5 cm Durchm.) gebracht, die man in Wasser enthaltende flache Gefäße einstellt. Die Höhe, bis zu welcher die Feuchtigkeit aufsteigt, wird in bestimmten Zeitpunkten abgemessen, und auch die maximale Steigung notiert.

Der Stand und die Schwankungen des Grundwassers werden nach Pettenkofer mittelst eines Meßbandes bestimmt (Fig. 21, 2), an welchem ein Stab mit kleinen Schälchen befestigt ist; dieses wird in den zu untersuchenden Brunnen hinabgelassen. Fortlaufende Beobachtungen werden bequemer mit einer stabil fixierten Einrichtung angestellt; man bringt auf den Wasserspiegel einen Schwimmer und führt von diesem eine Leitschnur an die Oberfläche, wo sie über eine Rolle läuft und am anderen Ende mit einem Gewicht balanciert ist. Beim Steigen des Grundwasserspiegels wird das Gegengewicht entsprechend sinken und vice versa. Neben dem Gewicht wird ein Maßstab befestigt.

Wie die Strömungen des Grundwassers gemessen werden können, war schon im Text (S. 90) erwähnt worden.

Die Bodentemperatur wird mit stabil in den Boden versenkten langschenkeligen Thermometern gemessen; doch kann man auch bewegliche Thermometer unempfindlich machen, und an einer Schnur in im Boden fixierte Glas-, Zink- oder Holzröhren von 1, 2, 4 und mehr Meter Tiefe bis auf den Grund hinablassen. Das Thermometer wird am Grund der Röhre die Temperatur des Bodens in der betreffenden Tiefe annehmen und muß zum Ablesen rasch heraufgezogen werden. Mehrere an der Leitschnur fixierte Tampons verhindern eine Luftcirkulation im Inneren der Röhren.

Das Durchwärmungs- und Abkühlungsvermögen des Bodens, welches je nach Material, Farbe und Feuchtigkeit des Bodens verschieden ist, kann mit den im Text beschriebenen Vorlesungsversuchen (S. 58) analogen Anordnungen bestimmt werden.

Die Erwärmung der Bodenoberfläche wird mittelst in die oberflächlichste Schicht gesteckter Thermometer gemessen.

### 3. Chemische Bodenuntersuchung.

Die zur chemischen Untersuchung benötigten Bodenproben entnimmt man durch Aufgraben oder mittelst des Tellerbohrers.

Die mineralischen Bestandteile des Bodens und deren in Wasser oder Säuren lösliche oder unlösliche Teile werden nach den allgemeinen Regeln der analytischen Chemie bestimmt[13]).

Die organischen Substanzen des Bodens und ihre Zersetzungsprodukte bestimmt man:

Durch Inspektion: ein mit organischen Substanzen verunreinigter Boden ist infolge Humifikation und Verkohlung derselben dunkler gefärbt; ferner wird das im Boden enthaltene Eisen durch den aus faulenden Eiweißstoffen gebildeten Schwefelwasserstoff in schwarzes Eisensulfid überführt, und auch dies färbt den Boden dunkler. Feuchter Boden ist von dunklerer Farbe als der trockene.

Der verunreinigte Boden ist auch am Geruch erkennbar, welcher besonders an frisch ausgehobenen Proben deutlich auftritt. Man findet entweder reinen Erdgeruch, oder der Boden riecht moderig, nach Sumpfschlamm, Fäulnis etc. Ob die Verunreinigung animalischen oder vegetabilischen Ursprungs, und ob sie in Verwesung oder Fäulnis begriffen ist, wird schon durch den Geruch angedeutet.

Noch bessere Fingerzeige gewinnt man durch Rösten der Erdprobe, zu welchem Behufe man 10 bis 15 g getrocknete Erde in einem trockenen Reagierglase über einer Flamme erwärmt; der Geruch kann an verbrannte Federn, Leder oder Urin (reichliche animalische Verunreinigung), oder an verbranntes und befeuchtetes Stroh mahnen (reichliche vegetabilische Verunreinigung).

Um die Menge der organischen, animalischen und vegetabilischen Substanzen genauer zu erfahren, greift man zur analytischen Bestimmung des Stickstoffs und Kohlenstoffs.

Für ersteren kann man die Methode von Kjeldahl[14] oder von Thibaut[15] anwenden; den gefundenen Stickstoff multipliziert Fodor mit 3,8, wo dann die so erhaltene Menge der eines stickstoffhaltigen Körpers entspricht, welcher zur Hälfte aus im Tierkörper verbrauchten und von dort entleerten Stoffen (z. B. Harnstoff), zur anderen Hälfte aus noch nicht verbrauchten Stoffen (z. B. Eiweiß) besteht.

Die Menge der kohlenstoffhaltigen organischen Substanzen wird am zweckmäßigsten auf feuchtem Wege, durch Oxydieren des Kohlenstoffs mittelst Kalibichromat in stark saurer Lösung zu Kohlensäure und Abwägen der letzteren bestimmt[16].

Auf die Fäulnis der organischen Substanzen kann aus dem Ammoniak-Gehalt des Bodens gefolgert werden (Fodor). Zur qualitativen Prüfung ist es am einfachsten 50 g Erde in einem Kolben mit Wasser zu verdünnen und mit etwas Natronkarbonat zu alkalisieren, dann zu kochen und auf die Oeffnung des Kolbens einen Streifen Kurkuma- oder Lakmuspapier zu legen. Die Ammoniakdämpfe werden die Farbe des Reagenzpapiers verändern, und aus dem Grade der Verfärbung wird man auch die Menge des Ammoniaks abschätzen können. Ein reiner Boden (s. obigen Text auf S. 129) giebt höchstens Spuren einer Verfärbung; starker Farbwechsel zeigt einen ammoniakreichen Boden an.

Zur quantitativen Bestimmung eignet sich die Methode von Schloesing. Man treibt das Ammoniak aus einer abgewogenen Erdmenge unter Glassturz mittelst konzentrierter Natronlauge (richtiger Kalkmilch) aus und läßt es durch titrierte Säure absorbieren (s. Emmerich-Trillich).

Die Oxydation im Boden wird durch die Salpetersäure angezeigt. Um diese zu bestimmen, muß man eine abgewogene Erdprobe

mit einer abgemessenen Menge Wassers zusammenschütteln und von letzterem einen aliquoten Teil auf ein trockenes Filter aufgießen; im Filtrat wird die Salpetersäure mit den beim Wasser angewandten Methoden bestimmt. Aehnlich geht man vor, um die Menge der salpetrigen Säure zu erfahren.

Die Binde- und Oxydationskraft des Bodens für organische Verunreinigungen versucht man mit den oben im Text Seite 119 beschriebenen experimentellen Anordnungen vergleichend zu bestimmen.

Hinsichtlich der chemischen Konstitution der Grundluft untersucht man:

die Kohlensäure, zu deren Bestimmung enge Blei-, Zink- oder Glasröhren auf verschiedene Tiefen in den Boden eingeführt und mittelst Gummischlauches mit den bekannten Pettenkofer'schen Kohlensäureapparaten verbunden werden, durch welche (resp. das darin enthaltene Kalk-, Baryt- oder Strontianwasser) man die Grundluft aspiriert (s. Flügge u. a.). Behufs Einführung der Röhren wird eine Eisenstange oder ein Gasrohr von $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm Durchmesser (Fig. 21, 3, 3') bohrend in die Erde getrieben, in den nach vorsichtigem Herausziehen klaffenden engen Raum das gewählte Blei-, Zink- oder Glasrohr hinabgelassen und zum Schluß die Lücke mit gesiebtem trockenen Sand ausgefüllt.

Den Ammoniakgehalt der Grundluft hat Fodor mittelst in weiteren Eisenrohren auf die nötige Tiefe hinabgelassenen, mit ammoniakfreier Schwefelsäure beschickten Absorptionsapparaten bestimmt; mittelst ähnlicher zur Absorption von Wasserdämpfen eingerichteter, auf den Boden von Röhren hinabgelassener Apparate prüfte er den Wasserdampfgehalt der Grundluft[17].

Zur chemischen Untersuchung der Grundluft, sowie zur Unterbringung der Bodenthermometer hat Fodor im Freien aufstellbare Kasten konstruiert[18]. (Fig. 23.)

## 4. Mikroskopische und bakteriologische Bodenuntersuchung.

Es ist angezeigt, die frische Erdprobe mit Wasser angerührt unter das Mikroskop zu bringen. Man wird so zahlreiche niedere Organismen und andere, die Bodenverunreinigung bedingende Substanzen erkennen.

Die bakteriologische Untersuchung ist unter Beobachtung der strengen Kautelen dieser Disziplin auszuführen; insbesondere ist die Probenahme vorsichtig und die Verimpfung rasch auszuführen, damit man nicht mit verunreinigten Proben oder mit einem während des Stehens veränderten Boden arbeite.

Zur Entnahme der Erdprobe eignet sich auch der gewöhnliche Löffelbohrer, in dessen unteren Schraubenwindungen die Erdteile durch die größere obere Windung geschützt sind. Von dort kann man mittelst sterilisierten Messers oder Löffels die Oberfläche entfernen und dann die eigentliche Probe zur Aussaat entnehmen. Auch der Fränkel'sche Bohrer eignet sich zu dem gedachten Zwecke; er wird am Boden des mit einem Löffelbohrer ausgehobenen weiteren Bohrloches eingesetzt.

Zur Aussaat der Bodenprobe giebt es zahlreiche Methoden. Fränkel entnimmt die Probe, gleich nachdem der Bohrer herausgehoben wurde, mittelst eines kleinen Metall-Löffels (von $\frac{1}{50}$ ccm Inhalt), bringt sie in

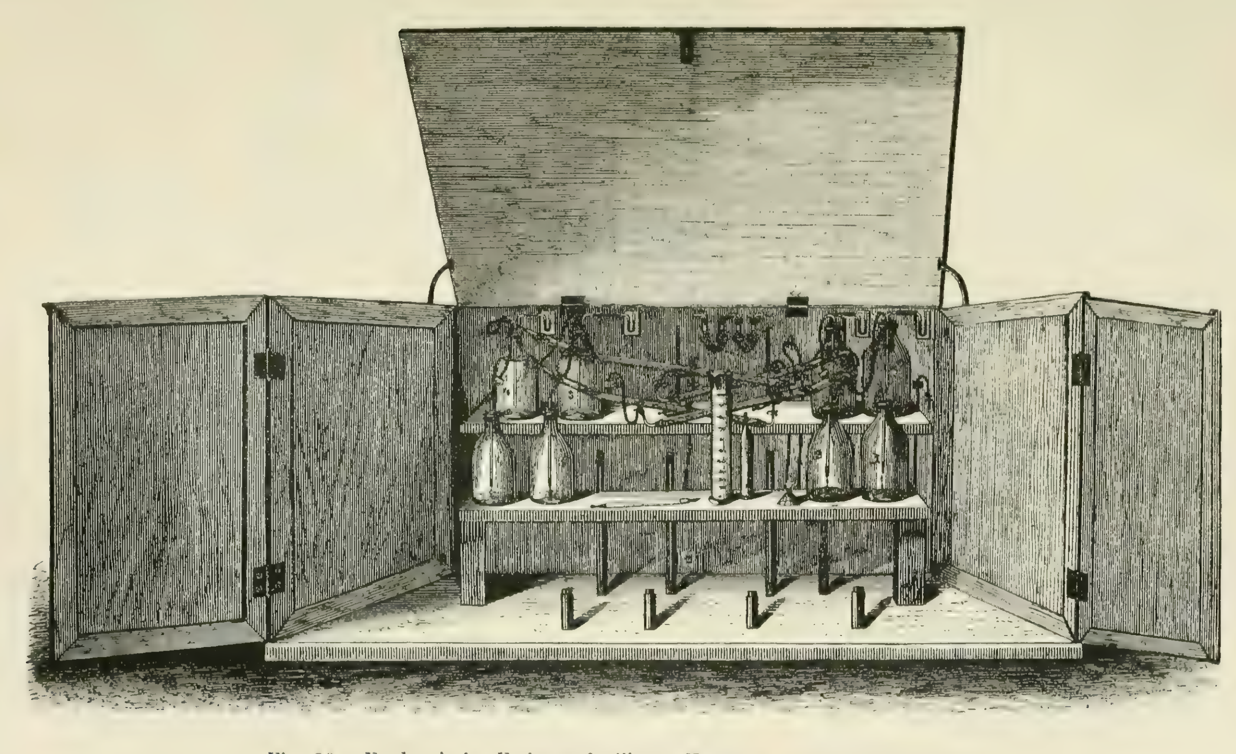


Fig. 23. Fodor's im Freien aufstellbarer Kasten zu Bodenuntersuchungen.

verflüssigte Gelatine, verteilt sie durch entsprechendes Schwingen und gießt auf Platten aus oder fertigt Rollplatten an. Beumer stampft die Bodenproben in sterilisierte gläserne Maßgefäße von 1 $cm^3$ Inhalt und gießt sie dann in 100—1000 ccm sterilisiertes Wasser, schüttelt gut durch und entnimmt einen aliquoten Teil zum Anlegen von Plattenkulturen. Emmerich spült in einem mit feinem Metallsieb versehenen Gefäß die Bakterien mit Wasser von den Erdteilchen ab und untersucht das Wasser. Aehnliche Methoden haben Smolensky, Reimer u. a. angewendet[19].

1) *a) Systematische Handbücher der hyg. Untersuchungsmethoden:* **C. Flügge,** *Lehrbuch der hyg. Untersuchungsmethoden, Leipzig* (1881) *XVIII u.* 682 *SS., mit Tafeln, mit reicher Litteraturangabe bis* 1881; **K. B. Lehmann,** *Die Methoden der praktischen Hygiene, Wiesbaden* (1890) *XV u.* 594 *SS.*; **R. Emmerich** *u.* **H. Trillich,** *Anleitung zu hygienischen Untersuchungen, München* (1892) *II. Aufl., VIII u.* 415 *SS. b) Werke mit Beschreibung und Kritik der wichtigsten hygienischen Untersuchungsmethoden:* **H. Fleck,** *Jahresberichte d. chem. Centralstelle, Dresden, insbesondere Hefte* 2, 3, 4, 5; **J. v. Fodor,** *Hyg. Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser, Braunschweig* (1882) 2. *Bd. VIII u.* 258 *SS.: Beschreibung und Kritik der Methoden, welche zu Bodenuntersuchungen in Budapest befolgt wurden*; **J. Soyka,** *Der Boden (v. Pettenkofer und Ziemßen's Handb. d. Hygiene I. T. 2. Abt. 3. Heft), Leipzig* (1887).

2) *Anleitung z. mineralog. Bodenanalyse, Leipzig* (1887).

3) *Lehrb. d. Vermessungskunde, Leipzig* (1890).

4) *Landwirtsch. Versuchsst* (1876).

5) *Beiträge z Hyg., Leipzig* (1879).

6) *Ueber d. Aufgaben u. d. Ausführung d. Bodenuntersuchung, Budapest* (1875) [*ungarisch*], *deutscher Auszug in: Pester med.-chir. Presse* (1875) 727.

7) *Z. f. Hyg.* 5. *Bd.*

8) **Wanschaffe,** *Anleitung zur wissensch. Bodenanalyse, Berlin* (1887).

9) **Wollny,** *Forschungen auf d. Gebiete d. Agric.-Physik* 3. *Bd.*

10) *Z. f. Biol.* 15. *Bd*

11) **Lehmann,** 123.

12) **Flügge,** 184.

13) **R. Fresenius,** *Quant. chem. Analyse, VI. Aufl*; *s. auch* **Wanschaffe,** *a. a. O.*

14) *S.* **Lehmann, Emmerich-Trillich.**

15) *S.* **Fodor,** 2. *Bd.* 206.

16) *Vgl.* **E. Wolff,** *Anl. z. chem. Untersuch. etc., Berlin* (1875); *ferner* **Fodor,** *a. a. O.*

17) *Hyg. Untersuch.* 1. *Bd.*

18) *Hyg. Untersuch.* 2. *Bd.*

19) *Baumgarten's Jahresber.* (1886) 432, (1887) 473, (1889) 560 *etc.*; *s. auch die bakteriologischen Lehrbücher von* **Flügge, Fränkel, Hueppe** *u. a.*

## Berichtigungen.

Seite 56, Zeile 3 von unten anstatt Wühler zu lesen: Wüllner
„ 59, „ 1 „ „ „ Eisen 283.16 zu lesen: Eisen 2831,6
„ 63, „ 8 von oben anstatt Minimum zu lesen: Temperatur-Minimum

Seite 70, Zeile 13 von oben anstatt denn zu lesen: und
„ 70, „ 22 „ „ „ Sandstein zu lesen: Sandstein, resp. Kalksteinbreccie

Seite 72, Zeile 26 von oben anstatt Prozent der Kapillarräume zu lesen: Prozent der Porenräume

Seite 72, Zeile 4 von unten anstatt Pfeiffer zu lesen: Pfaff
„ 74, „ 2—3 von oben anstatt herabfiltrierte zu lesen: deplacierte

Seite 80, Zeile 3 von oben anstatt Wassersammelnde zu lesen: Wasserundurchlässige

Seite 85, Zeile 2 von oben anstatt am Rand zu lesen: an der Wand des Gefäßes

Seite 88 Erklärung zur Figur 15: *a* Schutt, *b* Schotter, *w* Wasserschichte im Schotter, *c* Tegel, *d* Wasserführende Sandschichte im Tegel.

Seite 101, Seite 25 von oben anstatt weiter erwähnt zu lesen: weiter oben erwähnt

Seite 107, Zeile 17 von unten anstatt Amon zu lesen: Ammon

„ 108, „ 16 „ „ ist zu streichen: wie F l e c k annimmt

„ 114, „ 22 von oben anstatt mit Erde und überdies mit einer Steinplatte zu lesen: mit einer Steinplatte und überdies mit Erde

(*Abschlufs des Manuskriptes: im Juli* 1893.)

# Register.

---

# DAS KLIMA.

BEARBEITET

VON

**PROF. DR. RICHARD ASSMANN**

IN BERLIN.

MIT 1 ABBILDUNG.

---

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. THEODOR WEYL.**

ERSTER BAND. ERSTE ABTEILUNG.
DRITTE LIEFERUNG.

**JENA,**
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1894.

# Inhaltsübersicht.

# Einleitung.

Das Klima *) galt schon von Alters her als einer der wichtigsten unter denjenigen Faktoren, welche das körperliche Wohlbefinden des Menschen, seine Gesundheit, beeinflussen; die Erörterung desselben darf daher in einem „Handbuche der Hygiene“ nicht fehlen. Es kann indes nicht unsere Aufgabe sein, eine eingehende Darstellung der allgemeinen Klimatologie und speciellen Klimatographie zu geben, wie sie in den vortrefflichen Werken von J. Hann[1] oder Woeikof[2] enthalten ist; wir werden uns vielmehr neben der kurzen Erläuterung der sogenannten „klimatischen Elemente“ auf eine Durchmusterung derjenigen Teile der Klimakunde beschränken, welche zur Gesundheitslehre in den engsten Beziehungen stehen.

Das „Klima“ eines Ortes definiert J. Hann als „die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, welche den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche charakterisieren. Was wir Witterung nennen, ist nur eine Phase, ein einzelner Akt aus der Aufeinanderfolge der Erscheinungen, deren voller, Jahr für Jahr mehr oder minder gleichartiger Verlauf das Klima eines Ortes bildet“.

Bei der Unmöglichkeit, die gesamte Witterungsgeschichte eines Ortes darzustellen, ist die Klimalehre genötigt, an deren Stelle die Betrachtung der mittleren, durchschnittlichen Verhältnisse zu setzen, dabei aber wohl im Auge zu behalten, in welchem Sinne und Ausmaße Abweichungen von diesen Mittelwerten vorkommen.

Betrachten wir vorweg von unserem speziellen Standpunkte aus die Klimate des ganzen Erdballes in ihrer Beziehung zu dem Wohlbefinden des Menschen, so fällt uns sofort die interessante Thatsache auf, daß allein der Mensch imstande ist, sich den verschiedenartigsten klimatischen Zuständen dauernd anzupassen: es giebt keine Gegend der Erde, welche infolge ihres Klimas überhaupt unbewohnbar wäre. Das von einer mehr als 1000 m mächtigen Eisdecke überlagerte Grönland birgt ebensowohl Menschen, als die ewig grünen Inseln des Stillen Oceans; Ostsibirien, wo die Lufttemperatur gelegentlich bis gegen 70° unter den Gefrierpunkt sinkt, hat blühende Ansiedelungen, wie die Glutlande

*) Die Lehre vom Klima ist im folgenden nur so weit behandelt worden, als dieselbe hygienisches Interesse besitzt und zum Verständnis des Kapitels über Akklimatisation nötig schien.

am Roten Meere, in welchen das beschattete Thermometer nicht selten mehr als 50° anzeigt. Keines der höher organisierten Lebewesen des Tier- und Pflanzenreiches hat sich in einem ähnlichen Grade unabhängig vom Klima gemacht, als der Mensch, welcher gelernt hat, Schutzmittel gegen die Unbilden desselben anzuwenden, indem er sich durch Wohnung und Kleidung gewissermaßen ein eigenes, seinem Körper zusagendes Klima schafft.

Doch reicht dieser künstliche Schutz naturgemäß bei weitem nicht aus, um jeden Einfluß des Klimas auf den Menschen hintanzuhalten; weder Kleidung noch Wohnung vermag zu verhindern, daß der Bewohner von Ostsibirien im Winter vorwiegend andere Luft einatmet, als die eiskalte und trockne Luft seiner Gegend, oder der Inder andere als die schwüle und wasserdampfgesättigte des äquatorialen Asiens. So bleibt der Mensch trotz alledem ein echtes Kind der Luft und ist den mancherlei Vorgängen in derselben unterworfen. Deshalb kann denn auch eine Erörterung des Klimas vom hygienischen Standpunkte aus nicht anders beginnen, als mit einer Darstellung der chemischen und physikalischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft; im Anschluß hieran soll eine kurze Durchmusterung der „klimatischen Elemente" gegeben werden, fernerhin die Besprechung der Hauptformen des physischen Klimas, des Land- und Seeklimas, sowie des Höhenklimas, während das solare oder mathematische Klima, als unseren Zwecken ferner liegend, im allgemeinen außer Betrachtung bleiben kann oder doch nur in einzelnen Teilen zu erörtern sein wird.

## I. Die Beschaffenheit der atmosphärischen Luft.

Die atmosphärische Luft ist ein Gemenge mehrerer Gase, unter welchen der Sauerstoff und der Stickstoff alle übrigen an Menge übertreffen. Das Mischungsverhältnis dieser beiden Gasarten ist ein nach Ort und Zeit außerordentlich konstantes, indem die sorgfälltigsten und zuverlässigsten Analysen der Luft an den verschiedensten Punkten der Erde, wie sie von Regnault[3] zusammengestellt worden sind, als äußerste Grenzen 20,90 und 21,00 Volumprozente Sauerstoff ergaben. Die Geringfügigkeit dieser Unterschiede ließ daher die Annahme als berechtigt erscheinen, daß dieselben ausschließlich auf unvermeidliche Beobachtungsfehler zurückzuführen seien, und daß in der That das Mischungsverhältnis von Sauerstoff und Stickstoff als ein unveränderliches anzusehen sei.

Dem traten jedoch die neueren, von Jolly in München zuerst im Jahre 1875 und von Macagno in Palermo nach äußerst zuverlässigen Methoden angestellten Untersuchungen direkt entgegen. Erstere ergaben, daß in München bei Süd-, Südwest- und Westwinden der geringste, bei Nord- und Nordostwinden der höchste Sauerstoffgehalt vorhanden war; und zwar bewegten sich die Schwankungen zwischen 20,53 und 21,01 Volumprozenten, betrugen also fast 0,5 Proz. Auch Macagno fand bei Südwind, dem Scirocco, außergewöhnlich niedrigen Sauerstoffgehalt (bis zu 19,944 Proz.), während in der regenlosen Zeit 20,92 Proz., in der Regenzeit während des Winters im Mittel nur 20,72 Proz. gemessen wurde[3]. Die von Jolly nach einer anderen

Methode vorgenommenen Kontrolluntersuchungen[4] ergeben eine so vollkommene Uebereinstimmung der Resultate, daß man an der Thatsächlichkeit dieser Differenzen nicht wohl zweifeln kann.

Dagegen sind die bisherigen Erklärungsversuche nach neueren Anschauungen als stichhaltig nicht anzusehen. Man befand sich zu jener Zeit noch auf dem Standpunkte des „Aequatorial- und Polarstromes" und betrachtete den „Föhnwind" als einen Repräsentanten des ersteren. Seitdem man aber durch J. Hann's bahnbrechende Untersuchungen weiß, daß der Föhn nicht aus den Tropen stammt, sondern ein völlig lokaler, an der Leeseite der meisten Gebirge der Erde unter besonderen atmosphärischen Bedingungen auftretender „Fallwind" ist (s. unter Höhenklima), kann man seinen geringeren Sauerstoffgehalt nicht mehr daraus erklären, daß bei der Vegetation der Tropen die Oxydationsprozesse die Reduktionsprozesse überwiegen, daher die Tropenluft sauerstoffärmer sein müsse, als die aus dem Norden „durch Polarströme" herbeigeführte Luft. Mit Recht machte schon E. Morley[5] darauf aufmerksam, daß die Regnault'schen Ergebnisse eine derartige Differenz zwischen tropischer und polarer Luft durchaus nicht erkennen ließen. Zugleich spricht er auf Grund eigener in Hudson (Ohio) während $1^1/_2$ Jahren täglich 2mal angestellter Beobachtungen die Vermutung aus, daß die aus größeren Höhen verhältnismäßig schnell niedersteigende Luft ihren geringeren Sauerstoffgehalt zum Teil noch mit zur Erdoberfläche bringe, wodurch Jolly's Resultate erklärlich würden. Die Thatsache, daß im „Föhn" des nördlichen Alpenlandes Luftmassen herabsinken, welche den Alpenkamm in einer relativen Höhe von gegen 2000 m überschritten haben, einer Höhe, in welcher nach Paul Bert[6] die Luft nur gegen 15 Proz. Sauerstoff von normalem Drucke enthält, läßt Morley's Erklärung als durchaus begründet erscheinen[2].

Für die Hygiene haben diese geringfügigen Unterschiede im Sauerstoffgehalte der Luft so gut wie keine Bedeutung; erst die großen Sauerstoffverminderungen, wie sie in geschlossenen Räumen oder Höhlen und Bergwerken vorkommen, greifen mächtig ein in die Oekonomie des menschlichen Organismus. Deren Erörterung liegt jedoch außerhalb des Rahmens einer Darstellung des Klimas.

Der andere Hauptbestandteil der Luft, der **Stickstoff,** dessen Menge im Mittel 79,1 Volumprozente beträgt, ist im wesentlichen nur als eine Verdünnung des Sauerstoffs zu betrachten.

Das Gleiche gilt von einem dritten konstanten Bestandteile, dem **Wasserdampfe,** insofern es sich um die dem Organismus dargebotenen Mengen von Sauerstoff handelt. Bei den verhältnismäßig großen Differenzen in dem Mischungsverhältnisse des Wasserdampfes zur atmosphärischen Luft an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche kommen hierdurch nicht unbeträchtliche Unterschiede im Sauerstoffgehalte zustande. In Batavia z. B. beträgt die mittlere Spannung des Wasserdampfes 21 mm (s. unter Feuchtigkeit S. 266), was 2,8 Volumprozenten entspricht. Die Luft enthält also dort 76,8 Proz. Stickstoff, 20,4 Proz. Sauerstoff und 2,8 Proz. Wasserdampf. Im mittleren Europa dagegen, wo selbst im Sommer die durchschnittliche Wasserdampfspannung etwa 10 mm beträgt, steigt der Wasserdampf nur bis zu 1,3 Volumprozenten[7].

Nach Ucke[7] nimmt ein normaler Mensch im feuchten Tropenklima von Madras monatlich 80,7 kg Sauerstoff zu sich, in London oder

Brüssel aber 87,3 kg, im trockenen Klima von Petersburg und Barnaul (in Sibirien) 90,4 bis 90,7 kg; in der äußerst kalten Luft des Januar in Barnaul soll dieser Wert sogar auf 99,2 kg steigen. Obwohl man nicht verkennen kann, daß derartige Unterschiede nicht ohne Einfluß auf den menschlichen Organismus bleiben werden, so darf man doch deren klimatische Bedeutung nicht überschätzen. J. Hann macht in diesem Sinne darauf aufmerksam, daß schon geringe Höhenunterschiede durch die mit denselben verbundenen Differenzen des Luftdruckes dieselben Ergebnisse liefern: in einer Seehöhe von 1000 m beträgt die monatlich verbrauchte Sauerstoffmenge nur 79,2 kg, also schon weniger als in Madras.

Die wichtigsten Eigenschaften des atmosphärischen Wasserdampfes, welche denselben zu einem „klimatischen Faktor“ erster Ordnung stempeln, werden im Abschnitte „Feuchtigkeit der Luft“ (S. 266) eingehend im Zusammenhange erörtert werden.

Als weiterer konstanter, in seiner Menge aber nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterworfener Bestandteil der atmosphärischen Luft ist die **Kohlensäure** anzuführen. Während die älteren Untersuchungen von Saussure, Verver und Anderen auf 1000 Volumina Luft im Mittel 0,41 Volumina Kohlensäure ergaben, lieferten neuere von Pettenkofer angegebene Methoden im Durchschnitt nur 0,3 Molumpromille. Renk[8] giebt eine Zusammenstellung der neueren Resultate, aus welcher erhellt, daß der Kohlensäuregehalt im Freien zwischen 0,560 Prom. (bei Schneefall in Clermont) und 0,259 Prom. (in Montsouris) schwankt. Dagegen erwies sich die Luft der Städte im Durchschnitt um 0,067 Prom. reicher an Kohlensäure.

Außerdem finden sich noch geringe Mengen von **Ammoniak** in der Atmosphäre, aber, wie es scheint, ausschließlich an andere Bestandteile, wie Kohlensäure oder Salpetersäure gebunden und in Form fester Körperchen in derselben schwebend. Ferner lassen sich **salpetrige Säure** und **Salpetersäure,** wenn auch in äußerst geringen Mengen, in der Atmosphäre stets nachweisen; mit Ammoniak zu Nitrit oder Nitraten vereinigt, werden sie durch die Niederschläge der Erde wieder zugeführt.

Das Vorhandensein von **Ozon** und **Wasserstoffsuperoxyd** in der Atmosphäre ist, so viele eingehende Untersuchungen auch schon in dieser Richtung stattgefunden haben, noch immer nicht als vollständig gesichert zu betrachten. Jedenfalls sind die vorhandenen Mengen so äußerst geringfügige, daß von einer hygienischen Bedeutung derselben kaum die Rede sein kann.

Andere gasförmige Beimengungen zur atmosphärischen Luft kommen natürlich überall dort vor, wo Gase an der Erdoberfläche entweichen. Dieselben können aber, da ihr Ursprung ein örtlich umgrenzter zu sein pflegt, im Freien keine größere Verbreitung erlangen; außerdem werden dieselben durch die Niederschläge und die Vegetationsvorgänge fortgesetzt aus der Luft entfernt.

## II. Die klimatischen Elemente.

### a) Temperatur.

Die Temperatur gilt mit Recht als das wichtigste unter den klimatischen Elementen; denn von der Wärme hängt in erster Linie die ganze organische Welt ab.

Als Hauptquelle der Wärme haben wir die Sonne anzusehen, gegen welche die von den übrigen Himmelskörpern der Erde zugestrahlte Wärme kaum in Betracht kommt. Die anderen vorhandenen Wärmequellen, die Eigenwärme des Erdkörpers, sowie die durch Verbrennungsprozesse auf der Erde erzeugte Wärme sind nichts anderes, als Aufspeicherungen von Sonnenwärme.

Die Erde erhält von der Sonne ausschließlich durch Strahlung Wärme, und zwar entfällt auf sie nur der 2170-millionste Teil der ganzen von der letzteren ausgestrahlten Wärmemenge. Trotzdem ist diese so groß, daß sie nach Pouillet ausreichen würde, um eine die ganze Erde bedeckende Eisschicht von 30,9 m Dicke zu schmelzen.

Obwohl aus gewissen Vorgängen auf der Sonne der Schluß gezogen werden muß, daß die Wärmestrahlung derselben periodischen Schwankungen unterworfen ist, so hat sich doch nicht nachweisen lassen, daß dieselbe in historischer Zeit eine Aenderung erlitten habe.

Die Intensität der Sonnenstrahlung ist in erster Linie abhängig von der Entfernung, in zweiter von dem Einfallswinkel der Strahlen.

Wie das Licht nimmt auch die strahlende Wärme ab mit dem Quadrate der Entfernung; somit wird dieselbe auch zur Zeit der Sonnennähe einen erheblich größeren Wert erreichen, als während der Sonnenferne. Während des Sommers der südlichen Erdhälfte, wo die Sonne um etwa $^7/_{10}$ Millionen Meilen, entsprechend einem Dreißigstel ihrer Entfernung, der Erde näher ist, steigt daher die Intensität der Wärmestrahlung nicht unerheblich über die des nordhemisphärischen Sommers. Trotzdem bleibt die Gesamtsumme der Strahlungswärme während des Sommers der Südhemisphäre derjenigen der Nordhemisphäre durchaus gleich, da während der Sonnennähe die Bewegung der Erde im Raume eine schnellere ist, als während der Erdferne. Die größere Strahlungsintensität wird also durch einen um etwa 8 Tage kürzeren Sommer kompensiert. Das Umgekehrte gilt für die winterlichen Strahlungsmengen der beiden Hemisphären.

Die größere Sonnenstrahlung der südlichen Hemisphäre ist insofern nicht ganz ohne hygienischen Einfluß, als sie sich dem Gefühle direkt bemerkbar macht. Jedem nach Australien und Neu-Seeland Eingewanderten fällt es auf, daß der Unterschied zwischen der Temperatur im Schatten und der im Sonnenschein ein erheblich größerer ist, als auf der Nordhemisphäre unter gleicher Breite. Die Gefahr des Eintretens der unter dem Namen des „Sonnenstiches“ zusammengefaßten Krankheitserscheinungen ist deshalb in jenen Ländern ohne Zweifel eine größere.

In wie weit der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen die Intensität der Strahlung beeinflußt, sehen wir im Großen ausgedrückt in der Verschiedenheit der Klimate, sowie dieselben mit der geringeren oder größeren geographischen Breite zusammenhängen, deren Extreme im tropischen und im polaren Klima gegeben sind. Zwischen den Wendekreisen, wo die mittägige Sonnenhöhe nicht mehr als höchstens 23,5° vom Zenit abweicht, ist die Strahlungsintensität im ganzen Jahre eine größere, als in allen anderen Breiten. In gleicher Weise finden wir dieselben im Laufe eines jeden Tages, mit Ausnahme der Polarregionen, abhängig von der Sonnenhöhe: je steiler der Einfall der Sonnenstrahlen, je stärker ihre thermische Wirkung; ihr Maximum fällt daher mit der Kulmination der Sonne zusammen, ihre beiden Minima treffen auf den Auf- und Untergang derselben.

Aber es ist nicht allein der Einfallswinkel der Strahlen, sondern auch der längere oder kürzere Weg, welchen dieselben in der Atmosphäre zurückzulegen haben, ehe sie die Erdoberfläche treffen, von Einfluß auf die Intensität der Strahlung. Je länger der Weg durch die Atmosphäre, je mehr Strahlen werden durch dieselbe absorbiert. Deshalb nimmt die Intensität der Strahlung mit steigender Sonne erheblich schneller zu, mit tiefer sinkender schneller ab, als es ohne Atmosphäre der Fall sein würde.

Wie beträchtlich diese Intensitätsunterschiede sind, ergiebt sich aus folgender Tabelle [9]:

| Sonnenhöhe | 0° | 5° | 10° | 20° | 30° | 50° | 70° | 90° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dicke der Atmosphäre | 35,5 | 10,2 | 5,56 | 2,90 | 1,99 | 1,31 | 1,06 | 1,00 |
| Durchgelassene Strahlenmenge | 0,000 | 0,053 | 0,202 | 0,434 | 0,564 | 0,687 | 0,736 | 0,750 |

Hierbei ist die Höhe der Atmosphäre gleich 1 gesetzt und der Absorptionskoëffizient mit 0,75 angenommen.

Außer der Intensität der Sonnenstrahlung kommt aber in klimatischer Hinsicht noch die Dauer der Bestrahlung in Betracht. Wir wissen, daß in den Gegenden größter Sonnenhöhe, den Tropen, die Dauer des Tages im ganzen Jahre nur wenig von 12 Stunden abweicht, während sie in den mittleren Breiten der gemäßigten Klimate während des Sommers erheblich länger, während des Winters erheblich kürzer wird; nahe den Polen aber bleibt die Sonne monatelang über und unter dem Horizonte, an den Polen selbst volle 6 Monate. Hieraus kommt eine wesentlich andere Verteilung der den einzelnen Breiten zugeführten Strahlungsmengen zustande. Setzen wir die Bestrahlung, welche am 20. März, dem Tage, an welchem die Sonne senkrecht über dem Aequator steht, dieser selbst erhält, gleich 1000, so verteilen sich die Strahlenmengen für den 21. Juni, wo die Sonne senkrecht über dem nördlichen Wendekreise steht, folgendermaßen:

| Nordpol | 62° | 43,5° | 23,5° | Aequator | 66,5° S. Br. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1203 | 1092 | 1109 | 1000 | 881 | 0 |

Demnach ist die Bestrahlung des Nordpols zur Zeit der Sommersonnenwende um 20 Proz. größer als die größte, welche der Aequator je erhält, und um 36 Proz. größer, als die gleichzeitige des Aequators. Berechnet man aber ferner die demjenigen Pole, welcher sein Sommerhalbjahr hat, in den Zeiten vor und nach der Sonnenwende zufallenden Strahlenmengen, so erhält man das Ergebnis, daß dieselben an 28 Tagen vor und nach dem Solstitium, also an 56 Tagen überhaupt größer sind, als an einem anderen Punkte der Erde, an 84 Tagen aber größer, als die gleichzeitigen am Aequator. Für den Nordpol reicht diese Periode vom 10. Mai bis 3. August [10]. Es liegt auf der Hand, daß diese durch die Schiefe der Ekliptik hervorgebrachte Verteilung der Strahlungsmengen auf der Erde eine außerordentliche klimatische Bedeutung besitzt. So würden, wenn die Sonne stets am Aequator bliebe, die Pole also gar keine Bestrahlung erhielten, nicht nur die eigentlich cirkumpolaren, sondern auch die höheren Breiten der gemäßigten Zonen alles organischen Lebens bar sein.

In hygienischer Beziehung aber ist dieser Wechsel der Strahlung und der hieraus hervorgehenden klimatischen Eigenschaften der außertropischen Breiten von allergrößter Bedeutung. Zwar bedingt er eine Reihe von Krankheiten, welche den Tropen fremd sind, aber er erhöht

auch andererseits die Spannkraft und Energie, und damit die Leistungsfähigkeit der Bewohner der gemäßigten und kalten Zonen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die direkte Sonnenstrahlung überhaupt von der allergrößten Wichtigkeit für alles organische Leben ist. Eine genaue Messung derselben müßte deshalb als durchaus wünschenswert in klimatologischer Beziehung erscheinen. Leider fehlen bisher noch alle als zuverlässig anzusehenden messenden Angaben über dieselbe, was besonders in der Unzulänglichkeit oder Unhandlichkeit der vorhandenen Instrumente seinen Grund hat. Die Energie der direkten Sonnenstrahlen kann nämlich nur durch deren Wirkungen gemessen werden. Von der Natur des getroffenen Körpers hängt es aber durchaus ab, ob diese Energie in der Gestalt von Licht, Wärme oder chemischer Umsetzung erscheint. Es ist deshalb für die strenge Vergleichbarkeit von Messungen derselben eine unbedingte Gleichheit der messenden Körper in Bezug auf diese Umsetzungsvorgänge nötig, eine Forderung, welche schwer zu erfüllen ist. Setzt man z. B. verschiedene Quecksilberthermometer gleichzeitig der direkten Sonnenstrahlung aus, so wird man trotzdem äußerst verschiedene Angaben derselben erhalten. Die Größe der Gefäße, die Oberflächenbeschaffenheit, Farbe und Dicke der Glaswandungen, die größere oder geringere Reinheit des Quecksilbers, die Stärke der Luftbewegung und manche anderen Eigentümlichkeiten beeinflussen die Angaben der Instrumente in unzulässigem Maße. Es ist daher völlig irrig, wie man es noch vielfach findet, Angaben über die „Temperatur im Schatten“ solche über die „Temperatur in der Sonne“ gegenüberzustellen; letztere sind ohne jede Bedeutung und zu Vergleichungen absolut unbrauchbar.

Man glaubte längere Zeit in dem sogenannten „Schwarzkugelthermometer im Vakuum“, auch „Aktinometer“ genannt, ein zuverlässiges Meßinstrument der Strahlungsintensität zu besitzen. Dasselbe besteht aus einem Thermometer, dessen kugelförmiges Gefäß mit einer Rußschicht überzogen und zur Ausschließuug des Einflusses der äußeren Luftbewegung samt der Skala in eine größere Hohlkugel aus Glas eingeschlossen ist; letztere wird mittels einer Luftpumpe möglichst luftleer gemacht und zugeschmolzen. Es hat sich aber gezeigt, daß nicht nur infolge der Dicke und Durchlässigkeit der äußeren Glashülle, der größeren oder geringeren Luftverdünnung in derselben, sowie der Dicke des Rußüberzuges über dem Thermometergefäße namhafte Abweichungen der Instrumente untereinander vorkommen, sondern daß auch unkontrollierbare Aenderungen des einzelnen Instrumentes eintreten, welche auf Verminderung der Durchlässigkeit der äußeren Glashülle, sowie auf Abfallen von Teilen der Rußschicht beruhen. Man kann deshalb auch mit diesem Apparate strenge Messungen und Vergleichungen der direkten Sonnenstrahlen nicht vornehmen.

Daß der strahlenden Wärme auch in hygienischer Beziehung eine ganz erhebliche Wirksamkeit innewohnt, ergiebt sich außer anderem auch aus der bekannten Thatsache, daß dieselbe bei vorhandener Windstille den Organismus nahezu unabhängig macht von dem Einflusse der Lufttemperatur. Die Bewohnbarkeit hochgelegener und windgeschützter Gebirgsthäler im Winter, welche sich einer unbehinderten und kräftigen Sonnenstrahlung erfreuen, hängt trotz der außerordentlich niedrigen Lufttemperaturen allein von der Sonnenstrahlung ab. Ja wir wissen, daß man solche Hochthäler mit bestem Erfolge zu Winterkurorten für Lungenkranke gemacht hat, welchen durch die intensive Strahlungs-

wärme trotz einer Lufttemperatur von — 10° und weniger der Aufenthalt im Freien und damit der Genuß der staubfreien Luft des Hochgebirges ermöglicht wird. Auf die Zunahme der Strahlungsintensität mit der Höhe über dem Meeresspiegel werden wir in dem Abschnitte „Höhenklima“ zurückzukommen haben.

Außer der direkten Sonnenstrahlung ist aber auch noch die reflektierte Wärmestrahlung als ein wichtiges klimatisches Element anzusehen, welches nicht nur auf die Vegetation von Einfluß, sondern auch in hygienischer Beziehung wertvoll ist, indem es die Ermöglichung des Aufenthaltes im Freien für kranke und schwache Personen erheblich fördert.

So ist nach Dufour die Wärmespiegelung der Wasserflächen von erheblichem Einflusse auf die Wärme benachbarter Bergabhänge, wie besonders für den Genfersee nachgewiesen wurde. Ueber die Größe des Betrages an reflektierter Wärme in Beziehung zur direkten Wärmestrahlung giebt folgende Tabelle[11] Aufschluß:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sonnenhöhe | etwa 4° | 7° | 16° |
| Reflektierte Wärme in Prozenten der direkten | 68 Proz. | 40—50 Proz. | 20—30 Proz. |

Es erhellt hieraus, daß besonders bei niedrigem Sonnenstande, wie er in den Morgen- und Abendstunden, sowie im Winter der höheren Breiten stattfindet, die Wirkung der reflektierten Wärme eine ganz bedeutende ist. Frankland fand in Pontresina in 3 m Entfernung von einer weißen Wand eine Strahlungstemperatur von 38,7° C., über einer benachbarten Wiese aber nur 27,7°; auf der Insel Wight wurden 31,2° unter direkter und vom Wasser reflektierter Strahlung, unter letzterer allein nur 25,7° gemessen.

Wenn wir nun bedenken, daß unser „Wärmegefühl“ im Freien außer von der Lufttemperatur noch in hohem Grade von dem Zusammenwirken der direkten und reflektierten Wärmestrahlung abhängig ist, so erkennt man daraus den Einfluß, welchen die Lage und Exposition eines Wohnortes, sowie die Konfiguration seiner näheren und ferneren Umgebung auf die hygienisch wichtigen Wärmeverhältnisse ausübt. Hann bezeichnet in passender Weise deren Summe als „klimatische Temperatur“.

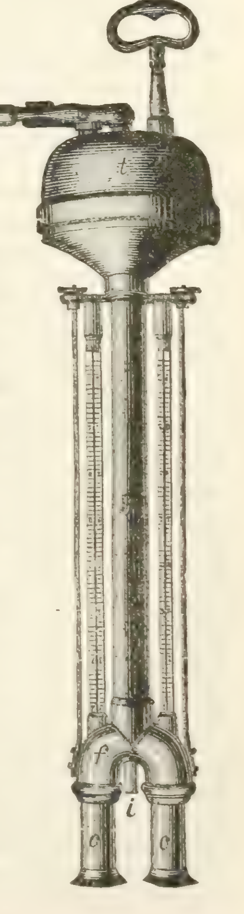
Der Wärmezustrahlung, wie sie von seiten der Sonne entweder direkt oder durch Reflexion stattfindet, wirkt entgegengesetzt die „Wärmeausstrahlung“, welche zwar fortwährend, auch in den Zeiten der Wärmezustrahlung, besonders bemerkbar aber während des Fehlens der letzteren, also während der Nächte stattfindet. Dieselbe äußert sich in dem Erkalten der Oberflächen solcher Körper unter die Lufttemperatur, welche ungehindert ihre Wärme gegen den kalten Weltenraum abgeben können. Demnach wird das Fehlen nächtlicher Bewölkung, welche wie eine Art von Schirm gegen die Ausstrahlung der Wärme wirkt, sowie große Reinheit der Luft die Erkaltung der Erdoberfläche erheblich begünstigen.

Bei vorhandener Luftruhe können dann ganz beträchtliche Abkühlungen unter die Temperatur der Luft am Erdboden und in dessen Nähe eintreten. Hiervon wird vornehmlich die niedrigere Vegetation betroffen; diese finden wir deshalb nicht selten morgens mit Reif bedeckt, obwohl die Lufttemperatur, welche in der Höhe von einigen Metern über dem Erdboden gemessen wird, keine Erniedrigung unter den Gefrierpunkt erfahren hat. Bringt man aber ein frei exponiertes

Thermometer in der Höhe der Vegetationsdecke an, so findet man nicht selten ganz beträchtliche Abkühlungen unter den Gefrierpunkt. In hygienischer Beziehung hat die Wärmeausstrahlung nur unter bestimmten außergewöhnlichen Bedingungen Bedeutung, z. B. in den Fällen, in welchen Menschen aus irgendwelchen Gründen gezwungen werden, liegend die Nacht im Freien zuzubringen, wie dies bei Verwundeten im Kriege oft genug vorkommt.

Die vorstehenden, nur die allerwichtigsten Erscheinungen der strahlenden Wärme berücksichtigenden Ausführungen müssen für unseren Zweck genügen. Von weit allgemeinerer Wichtigkeit in klimatischer und auch in hygienischer Beziehung ist die Temperatur der Luft selbst.

Unter Temperatur der Luft, oder **Lufttemperatur**, verstehen wir diejenige Temperatur, welche ein beliebiges, der Untersuchung unterworfenes Luftquantum der freien Atmosphäre, welches durch keine abnormen Einflüsse der Umgebung beeinflußt wird, wirklich besitzt. Da in der freien Atmosphäre außer den Wolken schattengebende Körper während des Tages nicht vorhanden sind, müssen wir hierbei von einer künstlichen Beschattung insoweit absehen, als der schattengebende Körper vermöge seiner Masse selbst einen Einfluß auf die zu messend Temperatur auszuüben imstande ist [12].




Die bisher in der Meteorologie üblichen Methoden der Bestimmung der Lufttemperatur wählten ausnahmslos die „Temperatur im Schatten“ zur Messung und schlossen hierdurch eine erhebliche Anzahl von Fehlerquellen allerörtlichster Art ein. Die exakte Messung der „wahren Lufttemperatur“ war deshalb bis vor wenigen Jahren noch eine im streng physikalischen Sinne inkorrekte. Dem Verfasser ist es im Jahre 1888 gelungen, diese erhebliche Lücke der Beobachtung durch die Konstruktion seines „Aspirationsthermometers“ auszufüllen; der Apparat ist inzwischen bei allen größeren Instituten als „Normalapparat“ eingeführt worden.

Unter Hinweisung auf die unter 12 angeführte Abhandlung sei über diesen Apparat hier nur Folgendes ausgeführt:

Zwei feine Thermometer, das eine zur Ermittelung der wahren Temperatur, das andere, befeuchtete, zur Ermittelung der Feuchtigkeit der Luft bestimmt, sind, wie nebenstehende Figur zeigt, in der Höhe ihrer cylindrischen Gefäße in zwei einander umschließende, aber von einander thermisch isolierte, außen und innen hochpolierte dünnwandige Metallrohre eingeschlossen. Durch ein Federkraft-Laufwerk wird ein Exhaustor-Scheibenpaar in schnelle Umdrehung versetzt, welches einen konstanten Luftstrom unterhält; derselbe streicht an den Thermo-

metergefäßen mit einer durchschnittlichen Luftstromgeschwindigkeit von 2,3 m p. sec. vorüber. Hierdurch wird bewirkt, daß die infolge der direkten Sonnenstrahlung in den Umhüllungen erzeugte Temperaturerhöhung in einer für das praktische Bedürfnis völlig ausreichenden Weise durch „massenhafte Lufterneuerung" beseitigt wird.

So ermöglicht dieser Apparat die Bestimmung der „wahren Lufttemperatur" unter den natürlichen Bedingungen, d. h. im vollen Sonnenscheine und an jeder beliebigen Stelle. Ein weiterer, sehr erheblicher Vorteil des Apparates besteht darin, daß die mit demselben vorgenommenen Messungen von dem wechselnden Betrage der natürlichen Ventilation völlig unabhängig sind. Ein in irgend einem Gehäuse exponiertes Thermometer wird um so bessere Werte angeben, je stärker die äußere Luftbewegung und damit die Lufterneuerung im Gehäuse selbst ist. Bei völlig ruhender Luft ist der Einfluß der Wärmestrahlung auf jede Beschirmung des Thermometers, sei dies direkte Sonnenstrahlung oder reflektierte Strahlung von der Umgebung her, ein sehr beträchtlicher, bei starkem Winde dagegen ist derselbe gering oder verschwindet ganz. Hierdurch werden die Messungen von einem äußerst wechselvollen Faktor abhängig, büßen daher ihre Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit ein. Im höchsten Maße findet dies bei Temperaturbestimmungen in höheren Luftschichten mittels des Luftballons statt, bei welchen die Strahlungsintensität eine äußerst große ist, die Luftbewegung aber, solange der Ballon nicht steigt oder fällt, völlig fehlt, da er sich mit der Geschwindigkeit des Luftstromes selbst fortbewegt. Erst durch die Anwendung des Aspirationsthermometers, an dessen Thermometern ein in seiner Stärke nahezu unveränderlicher Luftstrom vorüberstreicht, haben deshalb wirklich korrekte Messungen der Lufttemperatur vom Luftballon aus vorgenommen werden können.

Von großer Wichtigkeit hat sich ferner die Anwendung dieses Apparates in den Tropen, den Gegenden stärkster Strahlungsintensität, gezeigt; gar viele der bisherigen außerordentlich hohen Temperaturangaben aus den Tropen dürften als irrtümliche erkannt und erheblich reduziert werden müssen.

Die Angaben über die Lufttemperatur für klimatologische Zwecke werden gewohnheitsgemäß auf gewisse natürliche Zeitabschnitte, Tage, Monate, Jahre bezogen. Streng genommen müßte man hierzu eine unendliche Anzahl von Einzelbeobachtungen verwenden, deren Mittelwert das wahre Mittel des Zeitabschnittes sein würde. Die genannte Bedingung unendlich vieler Beobachtungen läßt sich aber natürlich nur durch Verwendung von kontinuierlich registrierenden Apparaten erfüllen. Solche Apparate sind seit einigen Jahren vom Verfasser konstruiert worden und funktionieren in den sogenannten „Uraniasäulen", welche in Berlin an vielen Straßen und Plätzen aufgestellt sind, zur vollen Zufriedenheit. Ein durch die Wasserleitung getriebener Aspirator führt ununterbrochen Luft in großen Massen aus der Umgebung der Säule an einem als Thermometergefäß dienenden Bourdon'schen Rohre vorüber und beseitigt auf diese Weise die sonst unvermeidlichen, aus der Sonnenbestrahlung hervorgehenden Fehler. Das Bourdon'sche Rohr ist ein zu einem offenen Ringe gebogenes, dünnwandiges, plattgedrücktes Metallrohr von elliptischem Querschnitt, welches vollkommen mit Amyl-Alkohol angefüllt ist. Die bei steigender Temperatur eintretende Ausdehnung des Alkohols erweitert den Ring, die Zusammen-

ziehung desselben bei sinkender Temperatur verengert denselben. Diese Bewegung wird, durch Hebel und Rollen vergrößert, auf eine mittels eines Uhrwerkes gleichmäßig fortgeschobene Papiertafel aufgezeichnet. Eine planimetrische Ausmessung der durch diese ununterbrochenen Kurven umgrenzten Flächen gegen eine feste Grundlinie, z. B. die Linie für 0°, müßte ein wahres Mittel der Temperatur für den gewählten Zeitraum geben.

Da derartige Apparate aber aus mannigfachen Gründen nicht überall vorhanden sind, muß man sich mit Annäherungen an die wahren Mittelwerte begnügen. Für ein Tagesmittel würden zunächst 24-stündliche Beobachtungen in Frage kommen. Es leuchtet aber ein, daß diese für längere Zeiträume ebenfalls nur aus Registrierungen selbstschreibender Apparate zu entnehmen sind. Man muß sich deshalb auf einige, zweckmäßig über den Tag verbreitete Ablesungen des Thermometers beschränken. Für die Verteilung der Termine ist der Zweck maßgebend, aus den Beobachtungen ein möglichst richtiges Tagesmittel erhalten zu können. Streng genommen befindet man sich hierbei in einem circulus vitiosus, indem man die wahre Mitteltemperatur nicht kennt, dieselbe aber bei der Wahl der Termine als bekannt annimmt. So muß man sich auch hierin mit einer Annäherung an die strenge Wahrheit begnügen.

Bei den meisten meteorologischen Centralinstituten der verschiedenen Länder umfassen die Stundenkombinationen eine Morgen-, eine Mittag- und eine Abendbeobachtung. Das arithmetische Mittel aus Beobachtungen um 6 Uhr morgens, 2 Uhr mittags und 10 Uhr abends giebt die beste Annäherung an das 24-stündige Tagesmittel; wählt man die Stunden 7 Uhr, 2 Uhr und 9 Uhr, so erhält man ein ähnliches, wenn man den Abendtermin doppelt zählt und die Summe durch 4 dividiert. Je weniger man die der Nachtzeit naheliegenden Stunden berücksichtigt, um so mehr muß man zu solchen Rechnungsformeln übergehen, welche vom arithmetischen Mittel sich entfernen, und muß außer den Terminablesungen selbst noch die Angaben von Extremthermometern zu Hilfe nehmen. Verwendet man, wie dies in Indien üblich ist, 4 Beobachtungstermine, welche das gleiche Intervall von 6 Stunden haben — 4 Uhr und 10 Uhr morgens, sowie 4 Uhr nachmittags und 10 Uhr abends — so erhält man aus naheliegenden Gründen ein noch besseres Tagesmittel. Bei zwei Tagesbeobachtungen sind 9 Uhr morgens und abends, auch 10 Uhr morgens und abends, noch am brauchbarsten. Das Mittel aus dem Maximum und Minimum des Tages giebt in allen Klimaten etwas zu hohe Werte.

Es ist ersichtlich, daß aus dem Tagesmittel, wie es aus irgend einer der angegebenen Methoden resultiert, die tägliche Periode der Lufttemperatur vollständig verschwindet. Um über diese Auskunft zu erhalten, was besonders in hygienischer Beziehung von Wichtigkeit ist, vereinigt man die zu denselben Tageszeiten angestellten Beobachtungen eines längeren Zeitraumes, z. B. einer Pentade oder eines Monats, zu besonderen Mittelwerten und erhält damit die durchschnittlichen Tagesschwankungen innerhalb des gewählten größeren Zeitabschnittes. Vereinigt man diese wieder, so erhält man Pentaden-, Dekaden- oder Monatsmittel, welche die jährliche Temperaturperiode zugleich mit der täglichen wiederspiegeln. Die Wichtigkeit dieser Darstellungsweise in hygienischer Beziehung leuchtet ein, wenn man bedenkt, daß die Nützlichkeit eines Klimas bei gewissen Krankheiten vielmehr von dem Ver-

halten der Temperatur am Tage abhängt, als von der Mitteltemperatur des ganzen Tages, da in den früheren Morgen- und späteren Abendstunden der Aufenthalt im Zimmer gewählt werden kann. Das Vorhandensein hoher Mittagswärme ist deshalb in erster Linie maßgebend für die Wahl von derartigen klimatischen Kurorten, bei welchen der Aufenthalt im Freien eine Rolle spielt. Die Mitteltemperaturen im trüben und regenreichen Küstenklima von England z. B., bei welchem die Morgen und Abende mild, die Mittage aber relativ kühl sind, können daher gleiche Werte haben mit denen des Winters südlicher Alpenthäler, bei welchen der Morgen und Abend sehr kalt, der Mittag aber sehr warm ist und deshalb den Aufenthalt im Freien ausgiebig gestattet.

Eine Zusammenfassung der Monatsmittel ergiebt schließlich das Jahresmittel, welches man nach Hann als den „kürzesten Ausdruck für den Wärmezustand der Luft an einem Orte der Erdoberfläche" anzusehen hat.

Es ist einleuchtend, daß die Genauigkeit aller dieser Mittelwerte in hohem Grade abhängig ist von den Grenzen, innerhalb welcher die Temperaturwerte in den entsprechenden zusammengefaßten Zeiträumen schwanken. Im reinen Tropenklima, z. B. in Batavia, wo diese Schwankungen gering sind, würde man nach Hann nur zweier Jahre bedürfen, um das Jahresmittel mit der Genauigkeit von 0,1 ° C. zu erhalten; für die Monatsmittel würden 5 Jahre genügen. Dagegen wären für die gleiche Korrektheit der Jahresmittel im mittleren Europa 40 Beobachtungsjahre, im nordöstlichen gar deren 60 erforderlich.

In viel höherem Grade gilt dies natürlich von den Monatsmitteln. Wenn wir uns nur der Thatsache erinnern, daß sich z. B. die mittlere Temperatur des Dezember 1880 von jener desselben Monats 1879 im südwestlichen Deutschland um volle 15 Grad unterschied, so wird es verständlich, daß zur Ausgleichung solcher großen Schwankungen langjährige Reihen nötig sind. Es sind vornehmlich die Wintermonate, welche die größten Differenzen aufweisen, weshalb man z. B. für Wien 400-jährige Beobachtungen haben müßte, um für diese, aber nur 100-jährige, um für die Sommermonate die Mitteltemperatur bis auf 0,1 ° C. genau zu erhalten; für Westsibirien würden 800 Jahre für den Winter, aber ebenfalls nur 100 für den Sommer erforderlich sein.

Da Beobachtungsreihen von solcher zeitlichen Ausdehnung natürlich nirgends vorhanden sind, muß man sich damit begnügen, für Mittel- und Osteuropa die Wintermonatsmittel bis auf 0,5 °, die des Sommers bis auf 0,3 ° genau zu erhalten. Mit Recht macht Hann darauf aufmerksam, wie überflüssig es ist, in die Temperaturtabellen noch Hundertelgrade aufzunehmen.

Die mittlere Jahresschwankung der Temperatur gewinnt man aus der Differenz des höchsten und des niedrigsten Monatsmittels. Nach derselben unterscheidet man die Klimate in gemäßigte und extreme. Als Grenzwert der beiden nimmt man eine Schwankung von 20° an; für Wien beträgt dieselbe z. B. 22,2°, für Valentia an der Westküste von Irland aber nur 9,4°, für Semipalatinsk in Sibirien 39,8°. Inwieweit diese Schwankungsgrößen mit der Entfernung vom Meere zusammenhängen, werden wir in dem Kapitel „Land- und Seeklima" (S. 279) zu erörtern haben.

Der jährliche Gang der Temperatur findet seinen kürzesten Ausdruck in der Zusammenfassung zu vier Jahreszeiten; dieselben läßt

man für meteorologische Zwecke mit dem Dezember beginnen, sodaß der kälteste Monat, der Januar, in die Mitte des Winters, der wärmste, der Juli, in die Mitte des Sommers kommt; für die Südhemisphäre kehren sich natürlich diese Bezeichnungen der Jahreszeiten um; für die Tropen und die Polargebiete, welche einen wesentlich anderen Wärmegang besitzen, sind dieselben nicht anwendbar.

Thermische Mittelwerte geben selbstverständlich nur Aufschluß über die am häufigsten vorkommenden Wärmeverhältnisse, lassen dagegen die gelegentlichen Abweichungen von diesen durchaus unbekannt. Diese zu kennen, ist aber in klimatologischer und auch in hygienischer Beziehung von großem Werte. Wie schon oben erwähnt, schwankte die Januartemperatur in Südwestdeutschland in zwei aufeinander folgenden Jahren um 15°. Man wird deshalb Grund haben, diejenigen Werte kennen zu lernen, um welche erfahrungsgemäß gelegentlich die einzelnen Monatsmittel von dem langjährigen Mittelwerte abweichen können. Man giebt deshalb an, wie oft im Laufe einer längeren Beobachtungsreihe Abweichungen vom allgemeinen Mittelwerte um 1—2°, 2—3° u. s. w. vorgekommen sind, und ermöglicht damit Wahrscheinlichkeitsschlüsse darüber, wie oft man sich auf das Eintreten extremer Temperaturwerte gefaßt machen muß. Daneben ist die Anführung des höchsten und tiefsten Monatsmittels innerhalb längerer Beobachtungsreihen nicht zu unterlassen, da dieselben die absolute Amplitude der Mitteltemperaturen darstellen.

Eine wichtige Darstellungsform der thermischen Verhältnisse eines Ortes bildet die Ermittelung der interdiurnen Veränderlichkeit der Temperatur. Bei derselben, welche die unregelmäßigen Schwankungen der Temperatur von Tag zu Tag umfaßt, kommen wichtige Momente des organischen Lebens, und sicherlich auch der Hygiene in Betracht. (Das Klima wird als thermisch konstant bezeichnet, wenn diese Schwankungen klein, als veränderlich, wenn diese groß sind.) Vereinigt man diese Werte zu Monatsmitteln und zieht dann eine Reihe von Jahren in Betracht, wozu schon kürzere Reihen von etwa 10 Jahren ausreichen, so erhält man die normale Veränderlichkeit der Temperatur für den betreffenden Ort und den bezüglichen Monat.

Es ist versucht worden, die Veränderlichkeit der Temperatur in hygienischer Beziehung direkt zu fruktifizieren. Kremser hat in einer sehr sorgfältigen Arbeit[13] auf eine merkwürdige Parallelität zwischen der mittleren Temperaturveränderlichkeit für einzelne Provinzen des preußischen Staates und deren Sterblichkeitsziffern aufmerksam gemacht. Danach starben auf 1000 Einwohner jährlich bei einer mittleren Temperaturveränderlichkeit von

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2,0° | in den Hohenzollernschen Landen | 32 | Personen |
| 1,9° | „ Schlesien | 31 | „ |
| 1,9° | „ Ost- und Westpreufsen | 30 | „ |
| 1,8° | „ Posen | 30 | „ |
| 1,8° | „ Westfalen | 28 | „ |
| 1,7° | „ Brandenburg | 27 | „ |
| 1,7° | „ Rheinland | 27 | „ |
| 1,8° | „ Sachsen | 27 | „ |
| 1,7° | „ Hessen-Nassau | 26 | „ |
| 1,6° | „ Pommern | 25 | „ |
| 1,6° | „ Hannover | 25 | „ |
| 1,4° | „ Schleswig-Holstein | 22 | „ |

Auch die Jahresperiode der Veränderlichkeit der Temperatur weist nach demselben Autor die gleiche Parallelität mit der Sterblichkeit in dem ganzen Preußen auf; allerdings ist eine Verschiebung von 2 Monaten erforderlich, um die beiden Kurven zur Deckung zu bringen. Ob in der That zwischen der Sterblichkeit und der Veränderlichkeit der Temperatur ein kausaler Zusammenhang besteht, läßt sich auf Grund dieser Koincidenz natürlich noch nicht entscheiden. Allgemein scheint dem die bekannte Thatsache entgegenzustehen, daß in den konstantesten Klimaten, den Tropen, die Sterblichkeit erheblich größer ist, als in dem am meisten veränderlichen, z. B. in Nordamerika und Westsibirien.

Die höchsten und tiefsten im Jahre, sowie in den einzelnen Monaten vorkommenden Temperaturextreme sind von erheblicher klimatischer Wichtigkeit, da besonders von den Kälteextremen das Gedeihen mancher Pflanzen unmittelbar abhängt. In hygienischer Beziehung kommen dieselben nur in Frage bei der Beurteilung thermischer Todesursachen, dem Hitzschlag und dem Erfrierungstode.

Ueber die durchschnittliche Dauer des Winters, soweit derselbe durch Temperaturen unter dem Gefrierpunkte bezeichnet wird, erhält man Auskunft durch die Angabe des mittleren Datums des letzten Frühjahrs- und des ersten Herbstfrostes; die Intensität und Konstanz der Frostwitterung ergiebt sich aus der Anzahl derjenigen Tage, an welchen auch nachmittags die Temperatur unter dem Gefrierpunkte bleibt, sowie aus der Dauer der ununterbrochenen Frostperioden.

Die bisher üblichen Methoden der Lufttemperaturmessung basieren, wie oben schon erwähnt, sämtlich auf dem Prinzip der Beschattung des Thermometers, um den Einfluß der direkten Besonnung und der reflektierten Wärmestrahlung abzuhalten. Als Schirm gegen die Strahlung verwendet man entweder Körper von großer Masse, z. B. ein Gebäude, an dessen Nordwand man das Thermometer anbringt, oder solche von möglichst geringer Masse; letztere nennt man Thermometerhütten, welche an einer dem Sonnenschein frei ausgesetzten Stelle aufgestellt werden. Für die größere oder geringere Korrektheit der Angaben ist überall der Betrag der natürlichen Ventilation maßgebend, welche die unter dem Strahlungseinflusse in den „Schirmen" entstandene höhere Temperatur durch fortgesetzte Erneuerung der berührenden Luftmassen fortschwemmt. Dabei bieten die großmassigen Schirme, besonders Gebäude, den Nachteil, daß sie allen Schwankungen der Lufttemperatur nur zögernd folgen und deshalb auch die Angaben der benachbarten Instrumente verzögern oder gar deren Extreme abstumpfen. Die direkte Folge hieraus ist, daß die Temperaturangaben am Mittag zu niedrig und während der Nacht zu hoch ausfallen müssen. Bei den kleinmassigen Hütten, besonders der sogenannten „Englischen Hütte" oder „Stevenson screen", fällt diese Fehlerquelle zum Teil fort. Die sogenannten „Fensteraufstellungen" an der Nordwand von Häusern leiden noch unter dem Uebelstande, daß in unseren Breiten während des Sommerhalbjahres auch die Nordwände morgens und abends besonnt werden. Gehäuse und besonders Schirme sind deshalb meist auch hier noch unerläßlich, wodurch die Ventilation noch weiter verringert wird.

Lufttemperaturmessungen ohne jede Beschirmung anzustellen, gestattet nur das sogenannte „Schleuderthermometer", welches aus einem möglichst kleingefäßigen, an einer Schnur schnell im Kreise geschwungenen Thermometer besteht. Die massenhafte Lufterneuerung am Gefäße, welche beim Schwingen mit einer Geschwindigkeit von etwa

5—6 m per Sekunde eintritt, bewirkt, daß der größte Teil der durch Strahlung bewirkten Temperaturerhöhung selbst im vollen Sonnenscheine beseitigt wird. Doch fallen bei starker Strahlung diese Werte immer noch um 0,5° bis 1,0° zu hoch aus.

Das oben beschriebene, vom Verfasser erfundene Aspirationsthermometer verwendet beide Prinzipien, das der Beschirmung und das der massenhaften Lufterneuerung; nur ist der beschirmende Körper von so geringer Masse und selbst fortgesetzt einem starken künstlichen Luftstrome ausgesetzt, daß der Strahlungseinfluß selbst unter stärkster Strahlungsintensität für alle praktischen Zwecke vernachlässigt werden darf. Der allgemeinen Benutzung dieses Apparates zu den regelmäßigen meteorologischen Beobachtungen steht nur der Umstand entgegen, daß man ohne eine permanente Aspiration wahre Extreme der Lufttemperatur nicht erhalten kann. Die permanente Aspiration läßt sich aber nur unter bestimmten Voraussetzungen und nicht ohne erhebliche Kosten einrichten, wie dies in den oben genannten „Uraniasäulen“ vermittels der Wasserleitung von Berlin ausgeführt worden ist.

Bei den bekannten Temperaturunterschieden zwischen dem Innern großer und enggebauter Städte und dem freien Lande in nächster Nähe kommt nicht zum kleinsten Teile der abstumpfende und verzögernde Einfluß großer Massen in Frage, welche allen Temperaturänderungen erheblich langsamer folgen, als die Luft. Hierdurch wird bis zu einem gewissen Grade auch die zwischen den Häusermassen befindliche Luft selbst beeinflußt werden. Hann führt als Beispiel hierfür folgende Werte an:

| | Winter | Frühling | Sommer | Herbst | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|
| Wien (innere Stadt) | — 0,6° | 9,8° | 19,7° | 9,9° | 9,7° |
| Wien (Land, Garten in der Nähe) | — 0,9° | 9,3° | 18,8° | 9,4° | 9,2° |
| Stadt wärmer um | 0,3° | 0,5° | 0,9° | 0,5° | 0,5° |

Das Jahresmittel der Temperatur ist in der Stadt ein höheres, als auf dem Lande, die tägliche Wärmeschwankung fällt aber geringer aus. Charakteristisch hierbei ist, daß die Landluft in der Nacht durch Wärmeausstrahlung erheblich stärker erkaltet, als die Stadtluft, während die Tageswärme, besonders im Sommer, nur wenig verschieden ist. Für Wien betragen diese Unterschiede nach Hann morgens 6 Uhr 1,1°, mittags 2 Uhr 0,5° und abends 10 Uhr 1,0°. Man darf daher Temperaturbeobachtungen aus größeren Städten durchaus nicht als korrekte, für die betreffende Gegend selbst giltige ansehen.

Die allgemein anerkannte hohe Wichtigkeit der Temperaturverhältnisse für die Beurteilung klimatischer Bedingungen eines Ortes vom hygienischen Standpunkte aus rechtfertigt die eingehendere Besprechung dieses Elementes, wie sie im Obigen gegeben worden ist.

Wir können aher dieses Kapitel nicht schließen, ohne einer speziell auf diesem Gebiete sich bewegenden Arbeit zu gedenken, in welcher ein unmittelbarer kausaler Zusammenhang zwischen Temperatur und Krankheiten behauptet wird. Magelssen[14] geht davon aus, daß unter der Einwirkung der differenten äußeren Temperatur wichtige Veränderungen im Organismus und in dessen Funktionen vor sich gehen, daß bei solchen die Wärmeregulation des Körpers oft insuffizient wird, was nicht ohne Einfluß auf den Stoffwechsel bleiben kann. Wie dem tropischen Klima die „Wärmekrankheiten“, dem nordischen die „Kältekrankheiten“ eigentümlich sind, so wird auch ein Wechsel zwischen Wärme

und Kälte an demselben Orte diesen bald den tropischen Ernährungs- und Assimilationserkrankungen, bald den nordischen Erkältungs- und Lungenerkrankungen unterwerfen. Außer großen mehrjährigen und den jährlichen Temperaturschwankungen hat Magelssen aber auch noch Monats- und Wochenwellen der Wärme gefunden, welche alle den genannten Einfluß auf die Morbilität zeigen sollen. Für die Constitutio en- und epidemica wird ausschließlich der Wechsel der Temperatur verantwortlich gemacht. Man darf wohl, ohne manches Richtige in diesen Ausführungen zu übersehen, behaupten, daß dieselben mit solchen Voraussetzungen rechnen, welche durchaus nicht als anerkannt gelten, wie z. B. die mehr als fraglichen Monats- und Wochenwellen der Temperatur; mit deren Existenz fallen aber auch die auf dieselben aufgebauten weitgehenden Schlüsse in sich zusammen.

### b) Luftfeuchtigkeit.

Die Feuchtigkeit der Luft ist nächst deren Temperatur als der wichtigste klimatische Faktor zu betrachten, da alles organische Leben von derselben im höchsten Grade beeinflußt wird.

Man hat zunächst zu unterscheiden zwischen dem in der Atmosphäre in Gasform enthaltenen Wasserdampfe und dem unter dem Gesamtnamen „Niederschlag“ aus derselben in flüssiger oder fester Form herausfallenden Wasser. Zwischen beiden steht noch das in Gestalt von Wolken oder Nebel als kleinste Tröpfchen oder Eiskrystalle in der Atmosphäre schwebend erhaltene Wasser. Die Messung des gasförmigen Wassers, des Wasserdampfes, geschieht in verschiedener Weise, indem man entweder gemessene Mengen von Luft durch wasserabsorbierende Substanzen, wie Schwefelsäure, Phosphorsäure oder Chlorcalcium, führt und die hierdurch entstandene Gewichtszunahme der letzteren bestimmt, oder indem man der freien Luft ausgesetzte Flächen künstlich so weit abkühlt, bis der Wasserdampf an letzteren zu einem Taubeschlage kondensiert wird. Die einfachste, aber auch unsicherste Methode besteht darin, daß man die Längenänderung tierischer Gebilde, z. B. des menschlichen Haares, als ein Maß des Wasserdampfgehaltes der Luft betrachtet.

Allgemein eingeführt ist die Verwendung des „Psychrometers“ für die Feuchtigkeitsbestimmungen, obwohl auch dieser Methode mannigfache Fehler anhaften. Umwickelt man ein Thermometergefäß in möglichst dünner Lage mit lockerem Musselin oder Mull und befeuchtet letzteren mit reinem Wasser, so wird zur Verdunstung des Wassers um so mehr Wärme verbraucht werden, je trockner die Luft ist. Diese Wärme wird aber zum größeren Teile dem besser als die Luft leitenden Thermometergefäße entzogen werden, infolgedessen dieses also unter die Lufttemperatur abgekühlt wird. Indem man letztere durch ein benachbartes „trockenes“ Thermometer mißt, erhält man in der Differenz der beiden Thermometerstände ein Maß für die Luftfeuchtigkeit. Ein solches, aus einem „trockenen“ und einem „befeuchteten“ Instrumente bestehendes Thermometerpaar nennt man ein „Psychrometer“. Es ist einleuchtend, daß die Verdunstung des Wassers bei diesem Apparate in hohem Grade von dem Maße der Lufterneuerung abhängig ist. Man müßte also, um streng vergleichbare Messungen mittels des Psychrometers zu erhalten, dieses Instrument überall einem Luftstrome von

gleicher Stärke aussetzen, was selbstverständlich bei den großen Verschiedenheiten der Windstärke ohne künstliche Maßnahmen nicht ausführbar ist.

Der oben (S. 259) als „Aspirationsthermometer“ bezeichnete Apparat erfüllt aber in seiner Doppelform als „Aspirations-Psychrometer“ diese Anforderung in vollkommenster Weise, da derselbe einen Luftstrom von bekannter Geschwindigkeit an den Thermometergefäßen vorüberführt, letztere aber durch die umhüllenden Einschlußrohre dem Einflusse des äußeren Windes völlig entzieht[12].

Man stellt gemeinhin den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre in der Weise dar, daß man den thatsächlich vorhandenen in Beziehung bringt zu dem bei der herrschenden Temperatur möglichen; man nennt dies die „relative Feuchtigkeit“, welche, in Prozenten ausgedrückt, die volle Dampfsättigung mit 100 Proz. bezeichnet. Außerdem wird meist noch die Spannung des Wasserdampfes angegeben, ausgedrückt durch die Höhe einer Quecksilbersäule, welche derselben das Gleichgewicht hält. Mit dem Ausdrucke „absolute Feuchtigkeit“ bezeichnet man im Gegensatz zur „relativen“ das Gewicht des in 1 cbm Luft enthaltenen Wasserdampfes, in Gramm ausgedrückt. Zufälligerweise fallen diese Werte sehr nahe zusammen mit denen der Dampfspannung; nach Hann hat man letztere mit folgenden Faktoren zu multiplizieren, um die Werte der „absoluten Feuchtigkeit“ in Gramm pro Kubikmeter zu erhalten:

| Temperatur | — 10° | 0° | 10° | 20° | 30° C |
|---|---|---|---|---|---|
| Faktor | 1,110 | 1,060 | 1,022 | 0,987 | 0,955 |

Wie man sieht, ist dieser Faktor stets nahezu gleich 1.

Es läßt sich nicht bezweifeln, daß sowohl in klimatologischer, wie auch in hygienischer Beziehung die „relative Feuchtigkeit“ von erheblicherem Einflusse ist, als die Dampfspannung und die absolute Feuchtigkeit. Ohne Kenntnis der gleichzeitig herrschenden Lufttemperatur erfahren wir aus den letzteren Angaben nichts über den Sättigungszustand der Luft, welcher für die Möglichkeit der weiteren Wasserverdunstung maßgebend ist. Man hat deshalb versucht, an Stelle der Angaben über die Dampfspannung die des sogenannten „Sättigungsdefizits“ zu setzen, d. h. die Anzahl der Millimeter, um welche die Dampfspannung noch zunehmen könnte, ehe bei der vorhandenen Temperatur Dampfsättigung eintreten würde.

Es kann als sicher gelten, daß die Verdunstung von Wasser seitens der Körperoberfläche eines Menschen, welche nach Pettenkofer und Voit täglich gegen 540 g beträgt, schon von geringfügigen Schwankungen der relativen Feuchtigkeit in erheblicher Weise beinflußt werden muß. Da eine Verminderung der Verdunstung durch Haut und Lungen erfahrungsgemäß durch Vermehrung der Harn- und Darmsekretion kompensiert wird, müssen plötzliche Schwankungen der relativen Feuchtigkeit zu entsprechenden Aenderungen des Blutdruckes in den Gefäßen Veranlassung geben, was in manchen krankhaften Zuständen zweifellos zu ernsten Folgen führen kann. Hann[15] stellt daher mit Recht für hygienische Zwecke die Forderung auf, die Veränderlichkeit der relativen Feuchtigkeit zu ermitteln.

Nach Thomas[16] übt das wasserärmere Blut, wie es infolge stärkerer Verdunstung in den trockenen Klimaten vorhanden ist, einen stärkeren Reiz auf das Nervensystem aus; infolgedessen treten Zu-

stände der Erregung und Kongestion auf. In entgegengesetztem Sinne wirkt wasserdampfreiche Luft, welche die Funktionen des Nervensystems mäßigt. Man schreibt es deshalb dem trockenen Klima, z. B. Nordamerikas, zu, daß Deutsche dort nach längerem Aufenthalte von ihrer Körperfülle verlieren und die hagere, gestreckte Gestalt der Amerikaner annehmen. Anderseits sollen Amerikaner in feuchten Klimaten Neigung zum Fettwerden bekommen. Ob indes die hervorstechendsten Gestaltunterschiede zwischen den Bewohnern trockener und feuchter Klimate wirklich in der stärkeren Entwickelung der Lymphdrüsensysteme bei den letzteren bestehen, darf als noch nicht ausreichend sichergestellt angesehen werden.

Von erheblichem Einflusse ist die größere oder geringere Luftfeuchtigkeit auf das „Wärmegefühl“ des Menschen. Es ist bekannt, wie bei hoher relativer Feuchtigkeit schon eine unbedeutende Temperaturabnahme unangenehm empfunden wird, während wir ein Gleiches in relativ trockener Luft nicht bemerken. Hieraus geht die Notwendigkeit hervor, hygienischen Betrachtungen über den Wasserdampfgehalt der Luft stets die relative Feuchtigkeit, nicht aber die Dampfspannung oder absolute Feuchtigkeit zu Grunde zu legen. Im Winter ist die absolute Feuchtigkeit der Luft gering, im Sommer sehr groß: niemand wird aber deshalb den Winter als trocken, den Sommer als feucht bezeichnen, und dem werden auch die physiologischen Wirkungen entsprechen, unter denen der Wasserverlust durch Verdunstung und das Wasserbedürfnis des Organismus obenan stehen.. Mit Recht verwahrt sich deshalb Hann[17] gegen den Versuch, an Stelle der relativen Feuchtigkeit die absolute zu setzen, wo es auf die Erörterung klimatisch-hygienischer Fragen ankommt.

Die durch Kondensation des Wasserdampfes zunächst eintretende Bildung kleiner Wassertröpfchen oder Eisnadeln führt, solange letztere noch in der Luft schwebend gehalten werden, zum Entstehen von Wolken und Nebel. Man glaubte lange Zeit hindurch, und zwar wesentlich gestützt auf optische Erscheinungen, die Wolkenelemente als Hohlkugeln, Wasserbläschen, ansehen zu müssen, ohne zu bedenken, daß mannigfache Gründe gegen diese Annahme sprechen. Der gewichtigste dieser Gründe ist der, daß, wie Obermayer nach dem Vorgange von Budde[18] gezeigt hat, in Bläschen von einem Radius von 0,1 mm Durchmesser durch Kapillarwirkung ein Ueberdruck von 3 Atmosphären gegen die äußere Luft entstehen muß. Hierdurch würde die Luft durch die Wandung diffundieren, und aus den Bläschen würden schließlich doch Tropfen werden müssen.

Dem Verfasser dieser Zeilen ist es gelungen, bei Gelegenheit eines längeren Aufenthaltes auf dem Brocken durch direkte mikroskopische Beobachtung nachzuweisen, daß die Wolkenelemente niemals aus „Bläschen“, vielmehr aus soliden Wassertropfen von $^1/_{170}$ bis $^1/_{60}$ mm Durchmesser bestanden[19].

Weiterhin nahm man gewöhnlich an, daß bei einer Erniedrigung der Lufttemperatur unter den Gefrierpunkt in dem Wasserbläschen oder Tröpfchen ein Krystallisationsvorgang eintrete, welcher zum Entstehen von kleinen, dem hexagonalen Systeme angehörenden Eisnädelchen führe, aus deren Zusammentritt dann eine Schneeflocke hervorginge. Die Einfachheit der Theorie verbürgte deren Thatsächlichkeit! Trotzdem ergaben die oben genannten Beobachtungen auf dem Brocken, daß selbst bei einer Temperatur von — 13° die Wolkenelemente ausschließ-

lich aus flüssigem, aber überkaltetem Wasser bestanden, welches erst bei der Berührung mit einem festen Körper plötzlich und ohne erkennbare Krystallbildung erstarrte. Ja, es ist in der neuesten Zeit, im Oktober 1893, gelungen, bei einer wissenschaftlichen Ballonfahrt selbst bei — 23° noch flüssige Wassertropfen in den Wolken nachzuweisen! Wir müssen aus diesen und manchen anderen Gründen deshalb schließen, daß aus einem Wolkentropfen niemals ein Eiskrystall der Art wird, wie er die Schneeflocke zusammensetzen hilft. Vielmehr erscheint es sicher, daß Eiskrystalle in der Luft nur durch direkte Sublimation, d. h. durch unmittelbaren Uebergang des gasförmigen Aggregatzustandes in den festen entstehen.

Das hygienische Interesse an der Bildung von Kondensationskörperchen, welche die Wolken zusammensetzen, knüpft sich im wesentlichen an die Theorie von John Aitken, welche darin besteht, daß jedem Wolkenelemente, ob tropfbar oder fest, ein Staubkörperchen die Existenz gegeben hat. „Ohne Staub keine Wolken, kein Niederschlag", sagt Aitken und beweist durch unbezweifelbare Experimente die Richtigkeit dieses Ausspruches.

Unzweifelhaft hat die Hygiene ein erhebliches Interesse an dem Nachweise der Thatsache, daß die in der Atmosphäre schwebenden Staubkörperchen, welche ohne jede Ausnahme als „gesundheitsschädlich" im weitesten Sinne angesehen werden müssen, durch die Kondensation des Wasserdampfes zunächst „gebunden", dann aber in vielen Fällen mit dem Niederschlage zu Boden gefällt, also der Atmungsluft entzogen werden. So wurden in neuerer Zeit nach dem Vorgange von Aitken systematische Untersuchungen der Luft mittels des „Staubzählers" an verschiedenen Orten ausgeführt, aus welchen sich wichtige Resultate nicht nur in meteorologischer, sondern auch in hygienischer Beziehung ergaben.

Die „Bewölkung des Himmels" im allgemeinen klimatologischen Sinne ist als ein wichtiges Element zu betrachten, da sowohl der Betrag der Wärmeeinstrahlung, als auch der der Ausstrahlung unmittelbar von derselben abhängt. Hieraus resultiert aber ferner eine Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Bewölkung in der Weise, daß dieselbe im Sommer zur Zeit der überwiegenden Einstrahlung durch dieselbe erniedrigt, im Winter, bei überwiegender Wärmeausstrahlung, aber erhöht wird. Wie erheblich dieser Einfluß ist, geht aus folgender Tabelle hervor, welche Kaemtz für Dorpat berechnet hat[20]. Die Abweichung der Temperatur von der normalen Mitteltemperatur erreichte bei den verschiedenen Bewölkungsgraden (0 — 4) folgende Werte:

| Bewölkung (0 – 4) | 0 (ganz heiter) | 1 (heiter) | 2 (halb bedeckt) | 3 (wolkig) | 4 (ganz bedeckt) |
|---|---|---|---|---|---|
| Winter | — 10.5° | — 6,8° | — 3.1° | + 0.5° | + 4,4° |
| Sommer | + 1,6° | + 0,8° | — 0,3° | — 1.2° | — 2.7° |
| Jahr | — 3.7° | — 1.9° | — 1,0° | — 0.2° | + 1.3° |

Hiernach erniedrigt ein völlig heiterer Himmel in höheren Breiten (Dorpat liegt in 58° N. Br.) im Winter die Lufttemperatur erheblich mehr (— 10,5°), als er sie im Sommer erhöht (+ 1,6°); ebenso ist die Erhöhung der Lufttemperatur durch völlige Himmelsbedeckung im Winter (+ 4,4°) beträchtlicher als die analoge Erniedrigung derselben im Sommer (— 2,7°); im Jahresmittel wird daher eine geringere Bewölkung eine Erniedrigung der Lufttemperatur — in höheren

Breiten wenigstens — zur Folge haben. In niedrigen Breiten dagegen, wo die Einstrahlung überwiegt, ist der Effekt der umgekehrte.

Der Grad der Bewölkung wird üblicherweise nach einer 10-teiligen Skala geschätzt, bei welcher 0 völlig heiteren, 10 völlig bedeckten Himmel bedeutet. Mittels sogenannter „Sonnenschein-Autographen“ registriert man ferner die Zeit und die Dauer des Sonnenscheines in der Weise, daß man durch eine als Brennglas wirkende Glaskugel eine Brennspur auf der Zeit nach eingeteilten Pappstreifen markieren läßt. Selbstverständlich geben diese Registrierungen kein getreues Bild der allgemeinen Himmelsbedeckung, da sehr wohl die Gegend des Sonnenortes bedeckt oder wolkenfrei sein kann, ohne daß dies für die übrigen Teile des Himmels in gleichem Maße der Fall ist.

Trotzdem geben diese Aufzeichnungen wichtige Aufschlüsse über die Summe und tägliche Verteilung des Sonnenscheines in den verschiedenen Klimaten. Außer dem Einflusse des Sonnenlichtes und der strahlenden Wärme auf die Vegetation müssen wir auch deren Wichtigkeit in hygienischer Beziehung hoch veranschlagen, da deren Einwirkung auf manche krankhafte Prozesse, sowie auf das allgemeine Wohlbefinden der Menschen anerkannt ist.

Der Nebel, welcher sich in keiner Beziehung von einer der Erdoberfläche unmittelbar aufliegenden Wolke — bestehend aus relativ großen Wolkenelementen — unterscheidet, ist in allgemein klimatologischer Beziehung nicht nur dadurch, daß er die Sonnenstrahlung ausschließt und die Wärmeausstrahlung vermindert, von Wichtigkeit, sondern auch wegen des durch ihn dem Erdboden und der Vegetation zugeführten Niederschlagswassers, wenn auch die Menge des letzteren nur selten eine nennenswerte meßbare Größe erreicht. Jedenfalls ist die Wasserverdunstung aller von Nebel umhüllten Gegenstände eine äußerst geringe, was immerhin zu einer ungewöhnlichen Konservierung des vorhandenen Wassers führt.

Der Einfluß des Nebels in hygienischer Beziehung scheint hauptsächlich darin zu liegen, daß er die in der Luft schwebenden Staubkörperchen, welche sonst mittels aufsteigender Luftbewegung aus dem Bereiche der atmenden Lungen der Menschen geführt würden, durch Gewichtsvermehrung in den untersten Luftschichten festhält und so deren Einführung in den Organismus Vorschub leistet[21]. Die Schädlichkeit der in allen großen Städten unter den entsprechenden Bedingungen entstehenden, in London aber durch ihre Dichtigkeit besonders ausgezeichneten Nebel ist bekannt.

Wie wir oben gesehen haben, kann eine Wolke selbst bei Temperaturen, welche erheblich unter dem Gefrierpunkte liegen, aus flüssigen Wassertropfen zusammengesetzt sein. Das Gleiche gilt von dem Nebel, dessen überkaltete Wassertröpfchen bei der Berührung fester Gegenstände der Erdoberfläche in derselben Weise zu formlosen Eisklümpchen erstarren. Makroskopisch erscheint uns dieser Vorgang in Gestalt eines schneeartigen, scheinbar krystallinischen Anfluges an allen dem Nebel ausgesetzten Körpern; unter dem Mikroskop erscheint derselbe als eine Aneinanderreihung von gefrorenen Tröpfchen in der Richtung des Windes. Welche gewaltigen Dimensionen diese unter dem Namen „Rauhreif, Rauhfrost, Anraum oder Anhang“ bekannten Bildungen unter günstigen Bedingungen anzunehmen vermögen, lehrt eine Beschreibung derselben, wie sie im Winter auf dem Brocken[22]

aufzutreten pflegen. Dort wurde ein Telegraphenpfahl durch Rauhreif in eine Säule von 2,90 m Durchmesser verwandelt.

Als Tau und Reif bezeichnen wir zwei andere Erscheinungsformen des aus der Atmosphäre kondensierten Wasserdampfes. Dieselben entstehen im Gegensatze zum „Rauhreif" durch die Oberflächenabkühlung gut Wärme ausstrahlender Körper der Erdoberfläche. Die umgebende, an sich noch nicht bis zur Kondensation ihres Wasserdampfes abgekühlte Luft wird durch Berührung mit den durch Ausstrahlung niedriger temperierten Körperoberflächen weiter und dabei bis unter den Taupunkt abgekühlt, sodaß sich ihr Wasserdampf an den kalten Körpern ebenso kondensieren muß wie der eines wärmeren Zimmers an einer kälteren Fensterscheibe. Sinkt die Temperatur hierbei unter den Gefrierpunkt, so nimmt das Kondensationsprodukt feste Gestalt an und wird „Reif" genannt, andernfalls bleibt es flüssig und heißt „Tau". Eingehende Forschungen der Neuzeit haben aber gezeigt, daß ein großer Teil des im Tau oder Reif kondensierten Wassers nicht aus der Luft, sondern aus den Oberflächenkörpern selbst, besonders aus der Vegetation stammt. Man hat deshalb den wasserzuführenden Wert dieser Niederschlagsformen wahrscheinlich bisher bedeutend überschätzt.

Der eigentliche Niederschlag, welcher in Gestalt von Regen, Schnee, Graupeln und Hagel auf die Erdoberfläche herabfällt, ist in klimatologischer Beziehung von erheblichster, ja gradezu dominierender Bedeutung, da die Vegetation desselben nirgends völlig entraten kann. So finden wir auch überall neben der Lufttemperatur die Menge und jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge als maßgebend für die Bewohnbarkeit eines Landes, dessen Erzeugnisse zur Erhaltung des Lebens der Einwohner dienen sollen. Die Wüstengebiete unseres Erdballes sind vornehmlich das Produkt fehlender oder doch in einer solchen Weise fallenden Niederschläge, welche den wasserkonservierenden Eigentümlichkeiten des Bodens nicht genügt.

In hygienischer Beziehung muß man den Niederschlägen a priori eine erhebliche Wichtigkeit beimessen: alle schädlichen, in der Luft suspendierten Bestandteile, mögen diese allein als Staub mechanisch reizend auf die Luftwege wirken, oder mögen sie als Mikroorganismen spezifische Krankheitskeime darstellen, werden durch den Niederschlag zum großen Teile zu Boden gefällt und damit mindestens der Einführung durch den Atmungsprozeß entrückt. Anderseits gelangen dieselben hierdurch in das Oberflächenwasser, welches unsere Brunnen und Quellen speist, und können nun auf einem anderen Wege, welcher durch den Verdauungskanal führt, dem Organismus zugeführt werden.

Die Menge des in der Luft suspendierten Staubes ist, wie aus Messungen verschiedener Forschungen hervorgeht, keine geringe. Tissandier fand in Paris im Kubikmeter Luft 23 mg Staub, auf dem Lande dagegen nur 4 mg; nach einem Regen sank die Menge in der Stadt auf 6 mg, auf dem Lande auf 0,25 mg. Die „luftreinigende" Wirkung des Regens ist hieraus deutlich genug erkennbar. Man fand ferner, daß der Staub etwa zur Hälfte aus anorganischen, zur anderen aus organischen Stoffen besteht. Die ersteren entstammen der Erdoberfläche, thätigen Vulkanen oder den Feuerungsanlagen; letztere stellen entweder Detrituskörperchen aus dem Tier- und Pflanzenreiche oder Keime niederer Lebewesen dar.

Wichtiger noch in Beziehung auf die Luftreinigung scheint der Schnee zu sein, da derselbe außer den bei seiner Kondensation oder

Sublimation eingeschlossenen Staubkörpern auch noch solche während des langen Weges in der Luft beim Fallen mechanisch mit sich zu Boden führt. Ganz besonders aber bindet der Schnee den Staub für längere Zeit an die Erdoberfläche, als der Regen, und verhindert durch seine Decke überhaupt die Wiederaufhebung von Staub durch Luftströmungen. Das Vorhandensein und längere Liegenbleiben einer geschlossenen Schneedecke über größeren Landstrichen dürfte deshalb als ein nicht unwichtiges Moment bei der Entstehung oder Verbreitung von solchen Krankheiten anzusehen sein, deren Erreger man in der Luft sucht.

Für klimatologische Zwecke mißt man die Höhe der Niederschläge mittels des Regenmessers unter der Annahme, daß dieselben in einem gewissen Umkreise um dieses Instrument in derselben Stärke fallen, wie unmittelbar über demselben. Schnee wird unter möglichster Vermeidung von Verdunstungsverlusten geschmolzen und nun als Wasser gemessen; ebenso Hagel und Graupeln.

Die Beobachtungen erstrecken sich üblicherweise auf die Niederschlagshöhe in Millimetern, deren Monats- und Jahressummen angegeben werden; für manche technische Zwecke ermittelt man ferner noch die größten innerhalb eines Tages oder auch einer Stunde gemessenen Mengen. Außerdem aber ist noch die Anzahl der Niederschlagstage von Wichtigkeit, wobei man meistens, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen, nur solche zählt, an welchen der Betrag von 0,2 mm Niederschlag erreicht worden ist. Die Regenwahrscheinlichkeit erhält man, wenn man die mittlere Anzahl von Niederschlagstagen eines Monats oder anderen Zeitraumes, gewonnen aus vieljährigen Beobachtungen, durch die Gesamtzahl der Tage selbst dividiert. Diese Darstellung ermöglicht ein Urteil über die mittlere Verteilung der Niederschläge über das ganze Jahr, was für pflanzengeographische Fragen, sowie für die Bodenkultur von erheblicher Bedeutung ist. Bei der Messung des Schnees ist außer seiner Menge noch für manche Fragen die Erkenntnis seiner Höhe, in welcher er den Erdboden bedeckt, sowie die Zeitdauer und Ausbreitung der Schneedecke von Wichtigkeit. Neuerdings bestimmt man auch den „Wasserwert“ des liegenden Schnees, welcher je nach der Dichte der Schneedecke erheblichen Schwankungen unterliegt; für wasserbautechnische Fragen in Beziehung zu Hochwässern bei der Schneeschmelze ist dessen Kenntnis von erheblichem Werte.

### c) Verdunstung.

Die Verdunstung des Wassers ist ohne Zweifel ein wichtiges klimatisches Element, da von ihr in erster Linie das Wasserbedürfnis aller Organismen abhängt. Sie steht naturgemäß mit der Feuchtigkeit der Luft in einer gewissen Wechselwirkung, indem sie einerseits der Atmosphäre den Wasserdampf nicht nur aus offenen Wasserflächen, sondern auch aus allen wasserhaltigen Körpern liefert, anderseits aber in ihrem Betrage wiederum abhängig ist von der Menge des in der Luft schon vorhandenen Wasserdampfes.

Beherrscht wird die Verdunstung aber außerdem noch von der Wärme und Bewegung der Luft, sowie von dem Drucke derselben. Steigt die Temperatur einer schon mit Wasserdampf gesättigten Luftmenge, so wird die letztere in den Stand gesetzt, noch weiteren Wasser-

dampf aufzunehmen, demnach wird die Verdunstung wieder in den Gang kommen. Ebenso ist die Temperatur des verdunstenden Wassers von Einfluß auf die Größe der Verdunstung, da durch dieselbe die Beweglichkeit der Wassermoleküle vermehrt, deren Austritt in die Luft also erleichtert wird. Bei vollkommener Luftruhe würde sich die einer wasserverdunstenden Körperoberfläche nächste Luftschicht nach einiger Zeit bis zur Sättigung mit Wasserdampf anfüllen, da die Verbreitung desselben auf dem Wege der Diffusion nicht gleichen Schritt hält mit der Zufuhr. Findet dagegen eine Bewegung der Luft statt, welche fortgesetzt die mit Wasserdampf angereicherten Luftmassen fort- und dafür andere „trockenere" heranführt, so wird die Verdunstung in erheblichem Maße gesteigert.

Aus der Art des Verdunstungsvorganges folgt aber ferner auch der Einfluß des auf der Wasserfläche lastenden Druckes der Luft: der Austritt der Wassermoleküle in die Luft muß um so leichter erfolgen, je geringer der letztere ist. Aus diesem Grunde wächst die Größe der Verdunstung mit der Höhe über dem Erdboden ganz beträchtlich.

Leider ist die Messung der Verdunstung unter den natürlichen Bedingungen keine so einfache Sache, als es auf den ersten Blick erscheint; besonders ist die Ermittelung absoluter Werte von so vielen Nebenumständen abhängig, daß es kaum gelingen dürfte, dieselben vollkommen zu berücksichtigen. Auch relative Werte sind schwer zu erhalten, da es hierzu erforderlich wäre, überall völlig identische Verdunstungsmesser auf ganz gleiche Weise zu exponieren und zu behandeln. Schwieriger wird noch die Messung der Schneeverdunstung, da bei derselben der Wind völlig unkontrollierbare Störungen hervorruft.

So fehlen denn über dieses wichtige klimatische Element verläßliche Angaben bisher nahezu vollständig; die mittels einfacher Apparate, wie des Wild'schen Verdunstungsmessers, welcher den Gewichtsverlust einer exponierten Wassermenge angiebt, ermittelten Werte können daher nur als rohe Annäherungen angesehen werden.

In Wien wurden auf diese Weise im Mittel von 5 Jahren folgende Verdunstungshöhen in Millimetern gemessen:

| Dez. | Jan. | Febr. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 13 | 27 | 39 | 71 | 87 | 93 | 113 | 94 | 77 | 47 | 32 | 711 |

Die mittlere Regenmenge für Wien beträgt rund 600 mm, sodaß hiernach mehr Wasser verdunsten, als zugeführt werden würde. Hieraus erhellt allein schon die Unsicherheit der Messungsmethode, welche erheblich zu hohe Werte liefert.

## d) Wind.

Die Stärke der Luftbewegung ist in klimatischer Beziehung wesentlich durch ihren Einfluß auf die Wasserverdunstung und deren Folgen von Wichtigkeit. Ueberschreitet dieselbe aber einen gewissen Wert, so treten deren mechanische Wirkungen in Thätigkeit. Zunächst ist hierbei die Aufhebung lockerer Bodenbestandteile zu nennen, welche als Staub in die Luft eingeführt werden; stärkere Winde bringen ferner die Oberfläche größerer Wasserbecken in Bewegung, wodurch Teile des Wassers selbst zerstäubt und der Luft beigemengt werden. Der See- und Küsten-

luft wird in dieser Weise Salz beigemengt. Steigert sich die Windstärke noch weiter, so werden zerstörende Wirkungen auf die festen Körper der Erdoberfläche ausgeübt; schwere Stürme und Orkane beeinflussen deshalb die Bewohnbarkeit mancher Gegenden in erheblichem Maße. Aber auch schon weniger heftige, aber häufig wehende Winde üben bedeutende Wirkungen aus. So wird der Baumwuchs durch dieselben vielfach stark behindert oder unmöglich gemacht, wie wir dies auf manchen Inseln und hohen Bergen wahrnehmen.

Außer diesen rein klimatischen Wirkungen übt aber die Luftbewegung auch in hygienischer Beziehung bedeutenden Einfluß aus. Das Wärmegefühl, oder, wie Hann treffend sagt, die „physiologische Temperatur, welche mit keinem Thermometer gemessen werden kann", ist im höchsten Maße abhängig von derselben. Da die Luft in den meisten Fällen eine niedrigere Temperatur hat, als unsere Körperoberfläche, bewirkt der Wind vorwiegend eine Abkühlung derselben, indem er, die in unseren Kleidern stagnierende, deshalb höher erwärmte Luft beseitigend, kältere heranbringt und so dem Körper fortgesetzt Wärme entzieht. Es ist bekannt, daß man selbst außerordentliche Kälte verhältnismäßig leicht erträgt, wenn die Luft ruhig ist, und daß umgekehrt bei windigem Wetter selbst mäßige Frosttemperaturen im höchsten Grade peinigend und schädlich werden. Beispiele hierfür finden wir bei uns in jedem Winter, im großen Maßstabe z. B. in Ostsibirien, wo die in den Wintermonaten fast vollkommene Lufttruhe die Bewohner befähigt, selbst Temperaturen von — 50 bis 60° ohne besondere Belästigung auszuhalten. Das Gleiche gilt von Fahrten im Luftballon, bei welchen, da der Ballon sich mit der Geschwindigkeit der Luft fortbewegt, selbst bei heftigstem Sturme nahezu vollkommene Luftruhe herrscht.

Außerdem wirkt natürlich der Wind durch Beförderung der Hautverdunstung in hohem Grade wärmeentziehend, man erträgt deshalb umgekehrt bei windigem Wetter hohe Lufttemperaturen viel leichter, besonders wenn die Luft nicht feucht ist. Nur in denjenigen Fällen, in welchen die bewegte Luft eine hohe Temperatur besitzt, welche nur wenig von der der Körperoberfläche abweicht, wie bei manchen heißen Wüstenwinden, wird selbst bei mäßigem Feuchtigkeitszustande die Wärmeentziehung durch Verdunstung durch die fortgesetzte Wärmezufuhr aufgehoben.

Im allgemeinen bemerkt man eine anregende, die Körperbewegung befördernde Wirkung des Windes, während unbewegte Luft einen abspannenden, erschlaffenden Einfluß ausübt, abgesehen davon, daß in diesem Falle leicht Anhäufungen von Schädlichkeiten eintreten, welche am Orte entstehen. Der günstige hygienische Einfluß, welchen manche Kurorte des Kanales und der Nordsee ausüben, ist vielleicht mehr auf diesem Gebiete, als auf dem der Seebäder zu suchen.

Die Stärke des Windes wird, wo eigentliche Meßapparate der Geschwindigkeit desselben nicht vorhanden sind, nach einer Skala geschätzt, welche mit 0 Windstille, mit 12 den vollen zerstörenden Orkan bezeichnet. Dieses Verfahren birgt natürlich Fehlerquellen subjektiver und örtlicher Natur in sich, da jeder Beobachter der Schätzung seine persönlichen Erfahrungen über die Extreme zu Grunde legen wird. So schätzt erfahrungsgemäß ein neuer Beobachter stets zu hoch, ein alter eher zu niedrig; ein Seemann schätzt stets niedriger, als ein Städter. Aber auch mit Meßapparaten läßt sich kaum eine strenge Vergleichung der Windgeschwindigkeiten von verschiedenen Orten durch-

führen, da deren Angaben von ihrer Konstruktion, besonders aber von ihrer Aufstellung in hohem Maße abhängen. Die Windmessungen auf dem Eiffelturm in Paris haben gezeigt, daß die Höhe der Messung über dem Erdboden von ganz außerordentlichem Einflusse ist.

Die Windrichtung ist in klimatischer, wie in hygienischer Beziehung nicht ohne Wichtigkeit. Denn es ist nicht zu verkennen, daß die Luftströmungen, ebenso wie sie die Temperatur-, Feuchtigkeits- und auch Niederschlagsverhältnisse aus entfernten Gegenden herführen, auch hygienische Bedingungen zu transportieren vermögen. Bekannt genug ist an den tropischen Küsten der hygienische Unterschied zwischen dem meist gefahrbringenden Landwinde und dem gesunden Seewinde. Es liegt deshalb kein Grund vor, an dem Transport von spezifischen Krankheitskeimen durch den Wind zu zweifeln, obwohl dessen Nachweis in den meisten Fällen, wie z. B. den letzten großen Influenzaepidemien, nicht hat gelingen wollen[23].

Um ein Bild von dem Verhältnis der verschiedenen Windrichtungen zu einander an einem Orte zu gewinnen, giebt man dieselben ambesten in Prozenten der gesamten Windbeobachtungen an, oder man dividiert die Häufigkeit jeder beobachteten Windrichtung durch die Zahl der täglichen Beobachtungen, wodurch man die Zahl der Tage erhält, während welcher jede Windrichtung vorhanden gewesen ist. Da die meisten Klimabezirke eine ausgesprochene Jahresperiode der Windrichtung besitzen, sind diese Angaben für kürzere Zeitintervalle, mindestens für jeden Monat zu machen. Zieht man eine graphische Darstellung vor, so vereinigt man die Beobachtungen zu einer sogenannten „Windrose“, bei welcher die beobachteten Windrichtungen nach einem entsprechenden Maßstabe, ihrer Häufigkeit entsprechend eingetragen werden. Stellt man dazu die den verschiedenen Windrichtungen entsprechenden meteorologischen Eigenschaften, wie Temperatur, Feuchtigkeit, Bewölkung und Regenwahrscheinlichkeit, in analoger Weise graphisch dar, so erhält man die sogenannten thermischen, atmischen, nephischen und Regenwindrosen. Für vergleichende Untersuchungen der Windrichtungen an verschiedenen Orten empfehlen sich aber naturgemäß Zahlen mehr, als graphische Darstellungen.

Für Gegenden, welche einen mehr oder weniger ausgesprochenen täglichen Windwechsel haben, wie Küsten- und Gebirgsländer, ist es erforderlich, die Häufigkeit der Winde nach den Tageszeiten zu gruppieren.

In den Klimagebieten der mittleren geographischen Breiten, besonders der nördlichen Halbkugel, wo die Gegensätze des Kontinental- und maritimen Klimas am meisten ausgeprägt sind, beherrschen die Winde in hervorragender Weise die Witterung, indem sie fortgesetzt, je nach ihrer Richtung, eine Verschiebung der Grenzen derselben bewirken. In den Tropen dagegen und in den Polarzonen, wo diese Gegensätze fehlen, ist der Einfluß der Windrichtungen gering.

Die hygienische Bedeutung der Windrichtungen, obwohl dieselben in der Volksmedizin bekanntlich eine große Rolle spielen, beschränkt sich, abgesehen von der Möglichkeit des Transportes von Krankheitserregern, auf deren geringeren oder größeren Gehalt an Wasserdampf oder deren Temperatur. Nördliche und östliche Winde sind im mittleren Europa meist trocken und kalt, werden deshalb die Wasserverdunstung der Haut und der Lungen erheblich erhöhen und hierdurch, sowie durch ihre niedrige Temperatur energische Wärme-

entziehung bewirken. Ob aber die sogenannten „Erkältungskrankheiten“ wirklich auf diesem Vorgange beruhen, ist noch durchaus nicht aufgeklärt.

### e) Luftdruck.

Der Druck der Luft, welchen wir durch die Höhe einer äquilibrierenden Quecksilbersäule in Millimetern auszudrücken pflegen, ist, trotz seiner Wichtigkeit in der Meteorologie, in klimatischer Beziehung von untergeordneter Bedeutung, besonders dann, wenn es sich nur um die an demselben Orte vorkommenden Differenzen, welche durchschnittlich etwa 40–50 mm betragen, handelt. Bekanntlich beträgt der mittlere Luftdruck im Meeresniveau 760 mm und nimmt mit der Erhöhung über denselben ab, in den untersten Schichten und bei mittlerer Temperatur um 1 mm auf 10—11 m Höhenunterschied. In größeren Höhen wird die Abnahme erheblich langsamer.

Man hat lange Zeit hindurch die Schwankungen des Luftdruckes für das Auftreten von allerhand Krankheiten und Beschwerden verantwortlich gemacht, ohne indes zu bedenken, daß dieselben relativ zu unbedeutend sind, um ernstere Wirkungen auf den Organismus auszuüben. Hann[24] führt aus, daß der Effekt einer, schon selten vorkommenden Tagesschwankung des Barometers um 20 mm in demselben Maße eintreten müßte, wenn man sich innerhalb 24 Stunden mühelos auf einen Hügel von etwa 200 m Höhe transportieren ließe. Letzterer Vorgang dürfte aber kaum, selbst auf Kranke nicht, einen erheblichen physiologischen Einfluß ausüben.

Etwas anders liegt die hygienische Bedeutung des Luftdruckes, wenn man seine Verteilung über größere Gebiete ins Auge faßt. Die Meteorologie lehrt, daß in einem Gebiete höchsten Barometerstandes, einem sogenannten barometrischen Maximum, ein langsames Niedersinken der Luft aus höheren Schichten stattfindet; umgekehrt steigt in einem barometrischen Minimum die Luft vom Erdboden in die Höhe. Hieraus resultiert im ersteren Falle die Zurückhaltung und Anhäufung derjenigen Schädlichkeiten, welche sich in den untersten Luftschichten vorfinden; im anderen Falle werden dieselben mit den aufsteigenden Luftströmen in die Höhe geführt, unseren Atmungsorganen also entzogen.

So hat der Verfasser wiederholt Gelegenheit gehabt, bei abnorm hohen Barometerständen das akute Auftreten gehäufter Lungenentzündungen zu beoachten[25].

---

Dem elektrischen Zustande der Atmosphäre wird vielfach ein Einfluß in hygienischer Beziehung zugeschrieben, und es erscheint kaum zweifelhaft, daß ein solcher vorhanden sein muß. Zwar lassen sich die gemeinhin angeführten physiologischen Erscheinungen, wie sie bei vielen Personen vor und während eines Gewitters einzutreten pflegen, ebensowohl durch die begleitenden meteorologischen Zustände, wie hohe Temperatur und Feuchtigkeit der Luft bei Windstille vor dem Gewitter, oder auch durch psychische Affekte während desselben erklären, aber es bleibt doch immerhin wahrscheinlich, daß die stets in der Atmosphäre vorhandene elektrische Spannung, mehr aber noch deren

Schwankungen einen Einfluß auf unsere nervösen Organe ausüben dürften.

An einen Nachweis dieses Einflusses ist indes so lange bestimmt nicht zu denken, als bis eine strenge, für Vergleichungen geeignete Messung der elektrischen Kräfte ermöglicht sein wird, welche bisher noch fast gänzlich fehlt.

In klimatischer Beziehung dürfte deren Einfluß überhaupt wohl kaum ein nennenswerter sein, abgesehen von den durch die elektrischen Entladungen bewirkten Beschädigungen und Vernichtungen organischer und unorganischer Körper.

## III. Das physische Klima.

Wie wir oben sahen, wird das Klima eines Landes in erster Linie durch seine Temperaturverhältnisse bestimmt, wobei sowohl die Intensität und Summe der Sonnenstrahlung als solcher, als auch die Werte der Lufttemperatur zusammenwirken. Würde die Erdoberfläche von homogener Beschaffenheit sein und auch keinerlei Niveauverschiedenheiten besitzen, so würde das Klima ausschließlich ein solares sein, d. h. an die Breitengrade geknüpft erscheinen. Obwohl diese Voraussetzung, wie wir wissen, nicht zutrifft, bleiben doch innerhalb großer Grenzen gewisse mit den Breitengraden verbundene charakteristische Unterschiede der Klimate bestehen, welche zu einer Unterscheidung derselben in drei Hauptformen, das tropische, gemäßigte und polare Klima, Veranlassung geben. Die beiden letzteren finden sich auf der Erdoberfläche, den beiden Hemisphären entsprechend, doppelt und vollkommen von einander getrennt vor, während die Tropenzone beider Hemisphären zusammenhängend aufgefaßt wird. Innerhalb der gemäßigten Zonen zeigen sich die größten klimatischen Unterschiede vor, weshalb man deren äquatornäheren Teile auch noch als subtropische von den polnäheren subarktischen Zonen unterscheidet, die zwischen ihnen liegende aber als gemäßigte Zone im engeren Sinne bezeichnet.

Für jede Hemisphäre gesondert betrachtet, nimmt die Tropenzone 40 Proz., die ganze gemäßigte Zone 52 Proz. und die Polarzone 8 Proz. der Erdoberfläche ein. Da aber beide Tropenzonen als ein Ganzes zu betrachten sind, stellen sich die relativen Oberflächen wie 10 : 6,5 : 1, woraus das klimatische Uebergewicht der ersteren ersichtlich wird.

Dieser bisher üblichen Einteilung liegt ausschließlich das mögliche Maß der Sonnenstrahlung zu Grunde, welches jedoch keineswegs den thatsächlichen Verhältnissen entspricht. Man darf deshalb diese Klimazonen durchaus nicht mit den wirklichen Wärmezonen identifizieren, wie jeder Blick auf eine Isothermenkarte der Erde beweist.

Supan[26] hat deshalb eine andere, den thatsächlichen thermischen Verhältnissen gerecht werdende Einteilung in folgende Zonen vorgeschlagen:

1) Die warme Zone, eingeschlossen durch die Jahresisotherme von 20°, mit welcher nahezu die Polargrenze der Passatwinde und der Kalmen zusammenfällt.

2) Die gemäßigte Zone zwischen den Jahresisothermen von 20° und 0°.

3) Die kalte Zone jenseits der Jahresisotherme von 0°, charakterisiert durch beständig gefrorenen Boden. Innerhalb der einzelnen Zonen werden noch Unterzonen unterschieden, deren Berechtigung jedoch vielfach nicht anerkannt wird.

Bei näherer Betrachtung erkennt man leicht, daß auch bei dieser Zoneneinteilung manches Heterogene miteinander verbunden wird, weshalb man es allgemein vorzieht, die alten Zonen des solaren Klimas beizubehalten.

Die Tropenzone charakterisiert sich vornehmlich durch folgende klimatische Eigentümlichkeiten:

Die Jahresmittel der Temperatur liegen zwischen 20° und 30° C., die Jahresschwankung der Temperatur ist äußerst gering, in der Nähe des Aequators nur 1—5°, an den Wendekreisen bis zu etwa 13°. Man kann deshalb in der Tropenzone die Jahreszeiten nicht, wie in den übrigen Zonen, nach der Temperatur einteilen, obwohl die Sonnenhöhen in der Weise wechseln, daß am Aequator zwei Zeiten höchsten und zwei niedrigsten Sonnenstandes eintreten, an den Wendekreisen aber nur je eine solche vorhanden ist. Dadurch, daß die Bewölkung und die Niederschläge an die Zeiten des höchsten Sonnenstandes gebunden sind, wird die Sonnenstrahlung und damit die Erhöhung der Lufttemperatur gerade bei diesen Verhältnissen behindert, sodaß dieselben nicht als die wärmeren, sondern umgekehrt als die kälteren Jahreszeiten erscheinen. Man teilt deshalb das Jahr auf Grund der Regenzeiten ein und hat demnach für die äquatorialen Gebiete zwei Regenzeiten und zwei Trockenzeiten, an den Wendekreisen jedoch nur eine solche. Die Intensität der Sonnenstrahlung erreicht in den Tropen ihre höchsten Werte, sodaß man sich derselben mit unbedecktem Kopfe ohne Lebensgefahr infolge von „Sonnenstich" nicht aussetzen darf. Doch scheint die Strahlung des hoch erhitzten Erdbodens dabei eine Rolle zu spielen. In Chinchoxo an der Loangoküste wurden 84° am Erdboden beobachtet. Charakteristisch für die Tropen ist die Regelmäßigkeit der Windverhältnisse: in den Regionen der Kalmen ist die Luft äußerst wenig bewegt, nördlich und südlich von denselben wehen die Passate als Nordostpassat auf der nördlichen, als Südostpassat auf der südlichen Hemisphäre; in den höheren Luftschichten wehen die entgegengesetzt strömenden Antipassate.

Die täglichen Temperaturschwankungen sind in den tropischen Festländern im Vergleich mit den jährlichen groß, ja häufig größer selbst als diese, besonders in den Trockenzeiten und bei windstillem Wetter. Die durchschnittlichen Maxima der Lufttemperatur sind selbst im Aequatorialgebiete niedriger als die im mittleren Europa, werden aber infolge des Wasserdampfgehaltes der Luft viel schwerer empfunden, als in dem relativ viel trockneren Klima der gemäßigten Zonen. Gleichmäßigkeit der Temperatur erzeugt aber eine viel größere Empfindlichkeit der Haut selbst gegen mäßige Abkühlungen, sodaß man bei 20° schon ebenso friert, wie in unserem Klima bei 0°. Im allgemeinen ist der Witterungsverlauf in den Tropen ein außerordentlich regelmäßiger; Stürme sind verhältnismäßig selten.

Die gemäßigten Zonen beherbergen die Jahresmitteltemperaturen von 26° bis — 15° C., in den Monatsmitteltemperaturen kommen die größten Schwankungen der ganzen Erde vor, ebenso nahezu die

höchsten und niedrigsten absoluten Temperaturextreme. Man unterscheidet eine warme und eine kalte Jahreszeit und zwar um so ausgesprochener, je mehr man sich den Polarzonen nähert. In mittleren Breiten treten die Uebergangszeiten, Frühling und Herbst, deutlich hervor, werden jedoch ebenfalls nach den Polarzonen zu immer mehr verwischt.

Die vorherrschenden Windrichtungen sind die westlichen und süd- resp. nordwestlichen, doch sind dieselben häufigem Wechsel mit allen anderen Richtungen unterworfen. Die gemäßigten Zonen sind die eigentliche Heimat zahlreicher und heftiger Stürme. Die großen Kontinente, welche in die Tropenzone hineinreichen, besitzen aber sehr ausgeprägte, vom Winter zum Sommer durch die Verschiedenheit der Erwärmung von Festland und Wasser hervorgerufene regelmäßig wechselnde Windsysteme, die Monsune, welche im allgemeinen während der kalten Jahreszeit vom Lande nach der See hinaus, während der warmen umgekehrt von der See nach dem Lande hinein wehen. Dieselben herrschen vornehmlich in den der Tropenzone nächsten Gebieten.

Die Niederschläge folgen nicht, wie in den Tropen, in ausgesprochener Weise dem höchsten Sonnenstande, sondern sind mehr oder weniger regelmäßig über das ganze Jahr verteilt; in den Monsungegenden konzentrieren sich dieselben im wesentlichen auf die Zeiten der landeinwärts wehenden Winde. Die Dampfspannung ist in den gemäßigten Zonen im allgemeinen erheblich geringer als in den Tropen. Der vorwiegende Witterungscharakter ist ein vorzugsweise mit der Windrichtung häufig wechselnder.

Die Polarzonen weisen die niedrigsten Jahrestemperaturen im Durchschnitt auf, wenn auch die absoluten Kälteextreme in Ostasien sehr nahe an die Grenze der gemäßigten Zone heranrücken. In denselben teilt sich das Jahr in zwei Jahreszeiten, welche, je näher den Polen, um so mehr mit der Verteilung von Tag und Nacht zusammenfallen und an den Polen selbst je 6 Monate betragen. Während derjenigen Zeiten, in welchen die Sonne dauernd unter dem Horizonte bleibt, der sogenannten Polarnacht, verschwindet die tägliche Temperaturschwankung nahezu vollkommen. Die Niederschläge in den Polargegenden sind entsprechend dem geringen Wasserdampfgehalte der Atmosphäre verhältnismäßig unbedeutend. Die Luftbewegung ist im allgemeinen schwach, da die hauptsächlichsten Sturmbahnen die Polarzonen nicht mehr berühren.

Unter den speziellen Formen des physischen Klimas zeichnen sich zwei besonders aus, deren Eigentümlichkeiten in allen Zonen, wenn auch modifiziert, die gleichen sind, das Land- und Seeklima und das Höhenklima.

### a) Land- und Seeklima.

Die Lufttemperatur eines Ortes ist, wie wir oben auseinandergesetzt haben, in erster Linie von der Insolation und der Wärmeausstrahlung abhängig. Der thermische Effekt der beiden letzteren ist aber je nach der Natur der betreffenden Körper ein verschiedener. So wird auch unter vielen anderen das Wasser nicht im gleichen Maße durch die Wärmestrahlung der Sonne erwärmt, wie das Festland, ebenso nicht durch die Ausstrahlung ebenso abgekühlt, wie das letztere.

Die Gründe für dieses abweichende Verhalten sind folgende.

Zunächst hat bekanntlich das Wasser die größte spezifische Wärme aller irdischen Körper; vergleicht man entsprechende Raumteile der Erdoberfläche mit demselben, so ist das Verhältnis der spezifischen Wärme wie 0,6 zu 1, d. h. die Temperaturerhöhung gleicher Flächen von Wasser und Land unter dem Einflusse gleicher Wärmemengen wird bei dem ersteren nur etwa halb so groß werden, wie bei dem letzteren. Ferner ist Wasser bis zu einem gewissen Grade wärmedurchlässig, der Erdboden aber nicht: demnach verteilen sich bei ersterem die auffallenden Wärmestrahlen durch Eindringen in die Tiefe auf einen größeren Raum, während sie bei dem festen Erdboden allein von der Oberfläche aufgenommen werden; die Wärmeleitungsfähigkeit des letzteren ist aber eine sehr geringe.

Es kommt noch hinzu, daß für die Verdunstung des Wassers ein erhebliches Quantum von Wärme verbraucht wird. Nach Haughton soll die Menge des jährlich unter dem Aequator verdunsteten Wassers gegen 2300 mm betragen; da die Mitteltemperatur des oceanischen Wassers dort etwa 27° beträgt, würden gegen 135 000 Kalorien zur Ausführung dieser Verdunstungsarbeit erforderlich sein. Nun würde der Aequator unter der Voraussetzung fortgesetzt heiteren Himmels höchstens etwa 227 000 Kalorien erhalten, sodaß mehr als die Hälfte dieser Wärmemenge zur Dampfbildung verbraucht würde. Infolge der durch die Bewölkung behinderten Wärmezustrahlung müßte aber der übrig bleibende Betrag noch erheblich geringer ausfallen. Doch darf man sich nicht verhehlen, daß die bisherigen Messungen der Wasserverdunstung auf Genauigkeit keinen Anspruch erheben können, weshalb der von Haughton angegebene Wert wohl als erheblich zu groß anzusehen sein dürfte. Blanford wenigstens giebt für die Bai von Bengalen nur 940 mm Verdunstungshöhe an[27]. Obwohl nun die für die Verdampfung verbrauchten Wärmemengen zwar den höheren Luftschichten bei der Kondensation des Wasserdampfes wieder zu Gute kommen, so werden sie doch ohne Zweifel den unteren entzogen, verringern also die Erwärmung der Wasseroberfläche.

Umgekehrt aber erkaltet in den Zeiten überwiegender Wärmeausstrahlung das Festland stärker, als das Wasser; in letzterem sinken die abgekühlten Teile vermöge ihrer größeren Schwere zu Boden, und wärmere steigen auf, was bei dem Erdboden nicht stattfinden kann. Zweitens aber setzt die feuchtere Luft über dem Wasser dem Durchgange von ausstrahlender Wärme mehr Widerstand entgegen, als die trockene Landluft; besonders aber treten in der feuchteren Luft leichter Wolken und Nebel auf, als in der trockenen, wodurch der Wärmeverlust durch Ausstrahlung außerordentlich behindert wird. Der thermische Einfluß der Bewölkung auf dem Festlande ist, wie ersichtlich, von dem Ueberwiegen der Wärmezustrahlung oder der Wärmeausstrahlung unmittelbar abhängig, sodaß heiterer Himmel am Tage, im Sommer und in den niederen Breiten eine Erwärmung, in der Nacht, im Winter und in den höheren Breiten eine Abkühlung bewirkt. Deshalb werden in den Kontinenten der höheren Breiten mit der Entfernung von den Küsten zunehmend heiße Sommer und kalte Winter herrschen, auf dem Meere und an den Küsten kühle Sommer und milde Winter. In den niederen Breiten dagegen, wo der Einfluß der Einstrahlung während des ganzen Jahres überwiegt, werden die wolkenwärmeren Landflächen dauernd wärmer sein, als die Meere. Der Uebergang beider Typen findet in der Gegend des

40. Breitengrades statt, wo die mittleren Jahrestemperaturen von Land und Wasser gleich sind.

Demnach finden wir in höheren Breiten überall Zunahme der Sommer- und Abnahme der Wintertemperaturen auf den Breitengraden von den Küsten nach dem Binnenlande zu und, da die Wintererkaltung die Sommererwärmung auf dem Festlande überwiegt, eine Abnahme der mittleren Jahrestemperatur. Zwischen der Westküste von Irland z. B. und dem östlichen Sibirien, d. h. auf einen Längenunterschied von etwa 90°, nimmt die Julitemperatur um 6,7° zu, die Wintertemperatur aber um 23,7° ab, die mittlere Jahrestemperatur nimmt demnach nach Osten zu um 8,4° ab. Die Jahresschwankung beträgt an der irischen Küste 9,4°, in Ostsibirien aber 39,8°, sodaß letztere um 30,4° größer wird, als die erstere.

Nach Hann[28] ändert sich zwischen dem 47. und 52.° nördlicher Breite auf dem Kontinente von Europa die Temperatur von West nach Ost für je 10 Längengrade in der Weise, daß

| | |
|---|---|
| im Winter eine Temperaturabnahme von | 3,1° |
| im Sommer eine Temperaturzunahme von | 0,7° |
| im Jahre eine Temperaturabnahme von | 1,3° |

erfolgt.

Dem Landklima unter allen Breiten ist nach dem oben Gesagten eine größere jährliche Wärmeschwankung gegenüber dem Seeklima eigentümlich. So hat z. B. die Insel Monach an der Westküste Irlands eine jährliche Wärmeschwankung von nur 7,9°, indem die Mitteltemperatur des kältesten Monats 5,2°, des wärmsten dagegen 13,1° ist; auf der südlichen Halbkugel, welche sich infolge ihrer vorwiegenden Wasserbedeckung mehr den maritimen Verhältnissen nähert, wird die Amplitude noch kleiner, wie auf der Kerguelen-Insel (49° S. Br.), wo dieselbe nur etwa 5° beträgt; für Süd-Georgien ergab sich dieselbe, allerdings nur für 1 Jahr, auf 8,3°.

Man nennt daher mit Recht das Landklima ein excessives, das Seeklima ein limitiertes.

Als ein beachtenswertes Resultat der Untersuchungen über die thermischen Differenzen zwischen dem Land- und dem Seeklima ergiebt sich die Thatsache, daß die z. Z. herrschenden Temperaturverhältnisse unseres Erdballes als außerordentlich abhängig erscheinen von der gegenwärtigen Verteilung von Land und Wasser, sowie die Ueberlegung, daß größere Aenderungen in der letzteren auch einschneidende Umgestaltungen der ersteren nach sich ziehen müßten. So würde z. B. nach Forbes die Jahrestemperatur einer reinen Wasserhemisphäre am Aequator 22,1°, am Pol — 10,8°, einer reinen Landhemisphäre dagegen am Aequator 43,2°, am Pol — 32,0° sein[29].

Ebenso wie die jährliche Temperaturschwankung mit wachsender Kontinentalität eines Ortes größer wird, so wächst auch die tägliche Schwankung, indem die Tagesmaxima sowohl als auch die Nachtminima größer werden. Während nach den Beobachtungen von Livingstone in den südafrikanischen Wüsten Temperaturunterschiede von 30—40° zwischen Sonnenaufgang und Mittag vorkommen, sodaß die hoch erhitzten Gesteine nicht selten nach Sonnenuntergang infolge der rapiden Abkühlung mit lautem Knall zerbrechen, beträgt im tropischen Atlantischen Ocean die tägliche Temperaturamplitude nur 1,6°[30].

Desgleichen ist die Veränderlichkeit der Temperatur im kontinentalen Klima erheblich größer, als im Seeklima.

In ähnlicher Weise, wie die Temperatur, wird die Feuchtigkeit der Luft in hohem Grade von der Meeresnähe oder Meeresferne beeinflußt, wenn auch mit der Modifikation, daß wir das Meer nicht als die alleinige Wasserdampfquelle betrachten dürfen, da auch die aus regenbenetztem Boden, aus Flüssen, Seen und der Vegetation erfolgende Verdunstung Wasserdampf liefert.

Der absolute Wasserdampfgehalt der Luft im Innern der großen Kontinente ist selbst in den heißesten Monaten und in den Wüstengebieten noch fast ebenso groß, wie der im westlichen Europa. Die relative Feuchtigkeit dagegen ist eine erheblich geringere, daher denn auch das Evaporationsvermögen des Klimas ein außerordentlich großes ist. Umgekehrt nimmt im Winter der höheren Breiten der absolute Wasserdampfgehalt von den Küsten nach dem Innern zu ab, die relative Feuchtigkeit aber zu.

Die Bewölkung im Innern der Kontinente nimmt, entsprechend der geringeren relativen Feuchtigkeit, erheblich ab; die geringste Himmelsbedeckung findet sich im nördlichen Afrika und in Arabien, ebenso in den Wüstengebieten Nordamerikas und dem Innern von Australien. In ähnlicher Weise, wenn auch durch die Bodenkonfiguration in hohem Maße beeinflußt, nehmen die Niederschläge nach dem Binnenlande zu erheblich ab.

Ganz besonders charakteristisch für die Grenzen zwischen dem Land- und dem Seeklima ist ein regelmäßiger Wechsel der Windrichtung, welcher an allen Küsten, des Meeres sowohl wie größerer Binnenseen, dann auftritt, wenn allgemeine größere Luftbewegungen fehlen. In denjenigen Gegenden der Erde, in welchen diese Bedingung häufig zutrifft, werden die Land- und Seewinde zu einem nahezu regelmäßig eintretenden, klimatisch sehr wichtigen Vorgange. Dieselben beruhen auf dem verschiedenen thermischen Verhalten von Land und Wasser während des Tages und während der Nachtzeit. Die Seebrise beginnt meist in den Vormittagsstunden in einiger Entfernung von den Küsten auf dem Meere und schreitet allmählich gegen das Land vor. In den Nachmittagsstunden erreicht sie ihre größte Stärke und flaut gegen Sonnenuntergang vollständig ab. Fällt ihre Richtung mit der des vorherrschenden allgemeinen Luftstromes, z. B. in den Passatregionen, zusammen, so erreicht dieselbe erhebliche, oft sogar, wie in Valparaiso, stürmische Stärke; im umgekehrten Falle führt sie nur zu einer Schwächung des allgemeinen Windes.

Nach Sonnenuntergang beginnt die Landbrise vom Festlande her gegen das Meer zu wehen; in den meisten Fällen ist ihre Stärke geringer, als die der Seebrise. Nur wo sie mit dem vorherrschenden allgemeinen Winde in der Richtung zusammenfällt, wird sie kräftiger; gegen Morgen flaut sie ebenfalls vollständig ab.

Diese doppelte Cirkulation der Luft erstreckt sich nur in mäßige Höhen, im Durchschnitt bis zu einigen Hundert Metern; über dem unteren Winde fließt stets der in der Richtung entgegengesetzte Luftstrom.

Die hygienische Bedeutung der Land- und Seewinde liegt vor allem darin, daß der erstere die, besonders an tropischen Küsten mit ihrer üppigen Vegetation und stagnierenden Gewässern häufigen gesundheitsschädlichen Miasmen herbeiführt, deshalb auch fast allgemein als un-

gesund angesehen wird, während umgekehrt die Seebrise dieselben landeinwärts trägt, den Küsten aber den kühlen, erfrischenden Hauch der offenen See zuführt.

Die Erklärung dieser Erscheinung giebt Hann in folgender Weise. Mit dem Erscheinen der Sonne über dem Horizonte beginnt die Erwärmung des Landes und dadurch der über demselben lagernden Luft; letztere erfährt hierdurch eine Volumzunahme, welche dazu führt, daß die Flächen gleichen Druckes eine höhere Lage einnehmen, als über dem kühleren Meere. Das hierdurch hervorgerufene Gefälle veranlaßt nun die oberen Schichten der Landluft, nach der See zu abzufließen und sich über die der Seeluft zu lagern. So wird das Gewicht der ersteren dem der letzteren hinzugefügt, und in den unteren Schichten beginnt demgemäß das Abströmen der Luft nach dem Lande zu, die Seebrise. Umgekehrt erkaltet während der Nacht die Luft über dem Lande durch Ausstrahlung stärker, als die über dem Meere; sie verringert ihr Volum, die Flächen gleichen Druckes senken sich hier, sodaß nun in der Höhe ein Gefälle von der See nach dem Lande zu und ein Abströmen der Luft in derselben Richtung stattfindet. Die hierdurch bewirkte Druckdifferenz führt infolgedessen in den unteren Schichten die Landluft hinaus nach dem Meere, die Landbrise. Die Reibung an dem rauheren Lande ist eine größere, als an der Meeresoberfläche, daher die Stärke der Landbrise in den unteren Schichten niemals die der Seebrise erreicht; in den höheren Schichten dagegen ist ihre Geschwindigkeit entsprechend größer. Derselbe Vorgang, welcher durch das verschiedene thermische Verhalten von Land und Wasser während der Tagesperioden der Ein- und Ausstrahlung hervorgerufen wird, greift nun aber auch Platz im großen unter dem analogen Einflusse der jährlichen Variation von Ein- und Ausstrahlung; hierbei entspricht dem Tage der Sommer, der Nacht der Winter. Hierdurch entstehen vermöge der langen Dauer der veranlassenden Ursachen mächtige, je während der Hälfte eines Jahres thätige Windsysteme, die sogenannten Monsune. Während derjenigen Zeit, in welcher das Land wärmer ist als das Meer, strömt in den unteren Schichten die Luft vom Meere hinein in das Land; ist das Land kälter, dann weht der Wind aus dem Lande hinaus auf das Meer. Durch die Wirkung der Erdrotation werden diese Strömungen indes von der geraden Linie abgelenkt, auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links, sodaß an den Rändern der Kontinente folgende Winde wahrnehmbar werden:

| | Westküste | Nordküste | Ostküste | Südküste |
|---|---|---|---|---|
| a) im Sommer | | | | |
| auf der nördl. Halbkugel | NW | NO | SO | SW |
| auf der südl Halbkugel | SW | NW | NO | SO |
| b) im Winter | | | | |
| auf der nördl. Halbkugel | SO | SW | NW | NO |
| auf der südl. Halbkugel | NO | SO | SW | NW |

Die Luftbewegung an den Küsten der Kontinente ist also während des Sommers eine cyklonale, während des Winters eine anticyklonale. Der in den tieferen Schichten erfolgende Lufttransport in dem einen oder dem anderen Sinne wird dabei fortgesetzt durch einen entsprechenden entgegengesetzt gerichteten in den oberen Luftschichten kompensiert.

Da zum Zustandekommen der Monsune große Kontinente in mittleren

und höheren Breiten, welche ausgeprägte Winter- und Sommerwitterung haben, erforderlich sind, gehören dieselben in ihrer vollen Entwickelung wesentlich der nördlichen Halbkugel, vornehmlich Asien und Nordamerika an. Die südliche Halbkugel besitzt in höheren Breiten überhaupt keinen Kontinent. Europa als ein Appendix von Asien ist in seinen westlichen Teilen einem anderen, äußerst mächtigen Windsysteme unterworfen, welche von der großen nordatlantischen Barometerpression beherrscht wird.

Den Küsten der Kontinente in höheren geographischen Breiten ist ein ausgeprägter klimatischer Unterschied eigentümlich, je nach deren östlicher oder westlicher Lage. Die Ostküsten sind überall erheblich kälter, als die Westküsten. Die Erklärung dieser Erscheinung liegt im wesentlichen in den oben genannten Windverhältnissen. Während des Winters weht der kalte Binnenlandwind über die Ostküsten von Asien und Nordamerika hinweg und erniedrigt dadurch deren Temperatur; im Sommer dringt der feuchte und verhältnismäßig kühle Seemonsun über die Ostküsten landeinwärts und verhindert so deren Erwärmung. Die Westküsten von Europa und zum Teil auch von Nordamerika aber stehen unter dem Einflusse von Luftströmungen, welche auch während des Winters vorwiegend landeinwärts wehen, also wärmere oceanische Luft enthalten. So haben die Ostküsten kalte Winter und kühle Sommer, die Westküsten aber kühle Sommer und milde Winter. Die Jahrestemperatur muß infolgedessen an den Ostküsten niedriger sein, als an den Westküsten. So sind z. B. die Temperaturen an der Ostküste von Nordamerika und der Westküste von Europa unter gleichen Breiten folgende[31]:

| Breite | | Jahr | Kältester Monat | Wärmster Monat | Unterschied der Jahresmittel |
|---|---|---|---|---|---|
| 57° | Nain in Labrador | —3,8 | —19,9 | 10,6 | 12,0 |
| | Aberdeen in Schottland | 8,2 | 2,9 | 14,3 | |
| 45° | Halifax | 6,3 | —5,2 | 18,0 | 6,5 |
| | Bordeaux | 12,8 | 5,8 | 20,6 | |
| 41° | New York | 10,6 | —1,7 | 24,2 | 5,9 |
| | Neapel | 16,5 | 9,0 | 25,1 | |
| 37° | Norfolk (Virginia) | 15,1 | 4,6 | 25,9 | 2,4 |
| | S. Fernando (Spanien) | 17,5 | 11,5 | 24,5 | |

Die Tabelle zeigt, daß die erheblichen Temperaturunterschiede in den höheren Breiten allmählich nach Süden abnehmen, um in etwa 30° Breite zu verschwinden. Aehnlich verhalten sich die beiden pacifischen Küsten von Ostasien und Nordamerika, während des Winters ist dort der Unterschied noch erheblich größer; zwischen dem 60.° und 40.° Breite überschreitet derselbe 20°.

Das Vorherrschen der Landwinde in dem Winter der Ostküsten erzeugt in Bezug auf die übrigen klimatischen Faktoren, relative Feuchtigkeit, Bewölkung und Niederschläge, die Verhältnisse des Kontinentalklimas, während die Seewinde der Westküsten hohe Feuchtigkeit und Bewölkung, sowie reichliche Niederschläge verursachen.

Wie im großen, so zeigt sich auch im kleinen der Einfluß von Wasser und Land wirksam. Im Winter wirkt ein größeres Wasserbecken, besonders wenn es sich nicht mit Eis bedeckt, erwärmend, im Sommer, wenn auch in schwächerem Grade, abkühlend auf seine Umgebung; im Frühjahr verzögert es die Erwärmung, im Herbst hält es die Abkühlung auf.

Die Strömungen, welche sich in allen größeren Meeren der Erde vorfinden, üben gleichfalls einen erheblichen Einfluß auf die klimatischen Verhältnisse der benachbarten Küsten aus. So wird nicht nur der charakteristische Temperaturunterschied der Ost- und Westküsten der Kontinente durch die Meeresströmungen zum guten Teile mit veranlaßt, sondern auch durch dieselben ausschließlich bewirkt, daß sich in den niederen Breiten diese Verhältnisse direkt umkehren und nun die Ostküsten die wärmeren werden.

Durch diese Wirkungen werden die Meeresströmungen zu klimatischen Faktoren. Abgesehen von den großen thermischen Strömungen des Golfstromes und seines pacifischen Analogons, des „Kuro schio“ (nicht „schiwo“) sind die Meeresströme Produkte der vorherrschenden Winde und kreisen demnach, wie diese, um die konstanten Gebiete hohen Luftdrucks der „Roßbreiten“ ebensowohl, wie um die barometrischen Depressionen in der Nähe der Polarkreise.

Infolge dieser in niederen Breiten anticyklonalen, in höheren cyklonalen Bewegung finden wir in der Gegend des 10.–40. Breitengrades der nördlichen Hemisphäre kühle, dem Aequator zufließende Strömungen auf der rechten, warme, vom Aequator kommende auf der linken Seite der Anticyklone; umgekehrt kreisen um das Barometerminimum der höheren Breiten die Meeresströme in der Weise, daß kalte polare Strömungen auf der linken, warme äquatoriale auf der rechten Seite desselben verlaufen. Auf der südlichen Halbkugel kehren sich die Richtungen natürlich um, aber die Wirkung bleibt dieselbe: überall werden in niederen Breiten durch die warmen äquatorialen Ströme die Ostküsten erwärmt, die Westküsten durch die kalten polaren Ströme abgekühlt; in höheren Breiten aber findet das Entgegengesetzte statt.

Die beiden ausgenommenen warmen Meeresströme sind aber nicht als Winddriften, sondern als wahre „Meeresflüsse“[32] zu betrachten, „welche in den Passaten, diesen über ein Drittel der ganzen Erdoberfläche ausgebreiteten, äußerst konstant wehenden Winden, ihr Bewegungsmoment finden; letzeres ist infolgedessen so groß, daß es durch Stauung an den Ostküsten der Kontinente nicht vernichtet, sondern nur in der Richtung abgelenkt wird und so das warme äquatoriale Wasser in höhere Breiten führt. Hier wird es von den konstanten Westwinden erfaßt und an die Westküsten der gegenüberliegenden Kontinente gedrängt, wo es mit seiner relativ hohen Temperatur die sonst schon vorhandene thermische Bevorzugung der Küsten erhöhen hilft“.

Außer der Temperatur der an den Küsten der Kontinente befindlichen Strömungen kommt aber auch die jahreszeitliche Verteilung der dort wehenden Winde in Betracht: ein warmer Strom erwärmt nur dann das benachbarte Land, wenn während des Winters der Wind landeinwärts weht und so dessen höhere Temperatur in das Binnenland trägt; während des Sommers ist selbst ein warmer Küstenstrom kälter, als die Luft über dem Lande, sodaß ein landeinwärts wehender Wind eine Abkühlung bringen kann.

Die von den Polargebieten äquatorwärts führenden, vielfach Eisberge in großen Massen tragenden Ströme legen sich, der Druckverteilung und den Winden folgend, an die Ostküsten der Kontinente in höheren Breiten an und kühlen so dieselben erheblich ab. Außerdem aber führen sie relativ wasserdampfreiche Luftmassen fortgesetzt in wärmere Regionen, wodurch dieselben von ihrem Sättigungspunkte immer

mehr entfernt werden. Die Regenarmut der Westküsten von Südafrika und Südamerika, sowie von Nordafrika und Kalifornien ist hierauf zurückzuführen; dieselbe hört erst dort auf, wo der kalte Strom, die Küste verlassend, in den Aequatorialstrom einbiegt. Umgekehrt sind die von äquatorialen Strömungen bespülten Küsten äußerst regenreich, da hier die wasserdampfreiche Luft durch Abkühlung fortgesetzt der Sättigung näher gebracht wird.

In höheren Breiten wird eine benachbarte warme Meeresströmung dazu führen, daß infolge der winterlichen Abkühlung des Landes der landeinwärts geführte Wasserdampf leicht zur Kondensation gebracht wird; hierdurch entstehen die vorwiegenden Winterregen. Im Sommer dagegen verhindert umgekehrt die höhere Binnentemperatur die Niederschlagsbildung in den vom Ocean stammenden Luftmassen. Dies trifft vornehmlich an den Nordwestküsten von Europa und Nordamerika zu.

### b) Höhenklima.

Mehr noch als das Land und Seeklima, bei welchem wir Winde und Meeresströmungen erhebliche örtliche Unterschiede hervorbringen sehen, besitzt das Klima der Gebirge einheitliche, überall unter allen Zonen und Breiten wiederzufindende Züge, welche in Bezug auf ihre räumliche Entfernung außerordentlich viel schärfer und ausgeprägter sind, als die des Land- und Seeklimas.

Entfernt man sich von der Meeresküste um 4—5 km, so findet man den Luftdruck, die Temperatur, Feuchtigkeit, Verdunstung, Bewölkung, Niederschläge, Winde u. s. w. kaum oder doch ganz unerheblich verändert. Welch anderes Bild aber bietet sich uns dar, wenn wir uns um den gleichen Betrag von 4—5 km über den Meeresspiegel erheben! Der Druck der Luft ist derartig vermindert, daß der Atmungsprozeß kaum in ausreichender Weise erhalten wird; die Temperatur ist so niedrig, daß selbst die scheitelrechten Strahlen der äquatorialen Sonne den Schnee nicht fortzuschmelzen vermögen, trotzdem ist die Intensität der Sonnenstrahlung eine so große, daß sich die Haut unbedeckter Körperteile entzündet, die Verdunstung ist ganz erheblich größer als in der Ebene, Bewölkung und Niederschläge gehorchen einem völlig veränderten Regime, die Winde wehen in anderer Richtung und sind von gewaltiger durchschnittlicher Stärke. Ja, man kann an einem ausreichend hohen Gebirge der Tropen auf engstem Raume die hervorstechendsten Züge aller Zonen des Erdballes durchmessen, indem man beim Aufsteigen gewissermaßen den Weg vom Aequator bis zu dem Pole, auf wenige Kilometer zusammengedrängt, zurücklegt.

Die Abnahme des Luftdruckes mit der Erhebung über den Meeresspiegel geht in so gleichmäßiger Weise vor sich, daß man, zumal wenn man noch die Werte der Lufttemperatur kennt, denselben für jede Höhe ohne weiteres berechnen kann. Nennt man den Höhenunterschied, in Metern ausgedrückt, $h$, die mittlere Temperatur der demselben entsprechenden Luftsäule $t$, die Barometerstände im unteren und oberen Niveau $B$, resp. $b$, so giebt die Gleichung

$$\log b = \log B - \frac{h}{72\,(256 \,.\, 4 + t)}$$

den gesuchten Luftdruck mit ausreichender Genauigkeit an.

Die Höhenstufen, um welche man steigen muß, um das Barometer

um 1 mm abnehmen zu sehen, sind infolge des Einflusses der Temperatur nicht in allen Höhen dieselben: in den untersten Schichten genügen hierzu schon 10,5 m, in 3000 m Höhe aber sind 15,1, in 6000 m sogar 22,5 erforderlich. Deshalb sind dieselben auch in den Tropen andere als in den Polargegenden, und im Sommer andere als im Winter.

Die höchsten von Menschen dauernd bewohnten Ansiedelungen reichen in Höhen hinauf, in welchen der Luftdruck fast nur noch die Hälfte seines Wertes am Meeresniveau besitzt: das Kloster Hanle in Tibet liegt in 4600 m Höhe und hat einen mittleren Barometerstand von 433 mm. Doch bleibt diese Druckverminderung und die aus derselben hervorgehende geringerere Spannung des Sauerstoffes im Blute durchaus nicht ohne Einfluß auf den menschlichen Organismus; vielmehr zeigen die Bewohner großer Höhen ausgeprägte Symptome der Anämie, welche jedoch nach Jourdanet[33] nicht in einer Verminderung der roten Blutkörperchen, sondern in einer geringeren Kondensation des Sauerstoffes im Blute ihren Grund findet. Bis zu einer gewissen Grenze wird der Sauerstoffmangel durch häufigere und tiefere Inspirationen und eine Volumvergrößerung der Lungen, sowie durch gesteigerte Herzaktion ausgeglichen. So nahm Paul Bert[34] mit Jourdanet die Höhe von 2000 m, entsprechend einer Luftdruckverminderung um ein Viertel = 190 mm, als die Grenze an, oberhalb welcher deutliche physiologische Wirkungen der Sauerstoffverminderung einzutreten pflegen.

Vorübergehende, aber schnelle und bedeutende Verminderungen des Luftdruckes, wie sie bei Bergbesteigungen und Fahrten im Luftballon stattfinden, erzeugen die unter dem Namen „Bergkrankheit" bekannten Erscheinungen, welche sich in Atemnot, besonders bei körperlichen Anstrengungen, Steigerung der Pulsfrequenz, Kopfschmerz, Mattigkeit und Appetitlosigkeit äußert. Doch scheinen besondere körperliche Dissitionen hierbei von großem Einflusse zu sein, wie daraus hervorgeht, daß wiederholt große Höhen von Forschern ohne nennenswerte Beschwerden erstiegen wurden. Whymper blieb auf dem Gipfel des Chimborazo in 6253 m Höhe frei von der Bergkrankheit, ebenso die Gebrüder Schlagintweit am Ibi-Gamin-Gipfel im Himalaya in 6780 m, und Güßfeldt auf den höchsten Bergen der Anden. In der größten bisher von Menschen im Luftballon erreichten Höhe von 9000 m wurde J. Glaisher besinnungslos, während sein Begleiter Coxwell durchaus gesund blieb. In anderen Fällen trat infolge von rapider Druckverminderung schon in geringerer Höhe der Tod ein, wahrscheinlich durch Bildung von Gasblasen im Blute: Crocé-Spinelli und Sivel starben in einer Höhe von 7—8000 m, während Tissandier gesund blieb. Es unterliegt keinem Zweifel, daß die im Luftballon beobachteten Erscheinungen zu einem in seinem Ausmaße noch nicht genügend bekannten Teile anderen Gründen, z. B. dem Einatmen von Gas, welches beim Aufsteigen dem Ballon stets in großen Mengen entströmt, oder auch der niederen Temperatur der Luft ihre Entstehung verdanken. Die in neuester Zeit mit den der wissenschaftlichen Erforschung der Atmosphäre dienenden großen Ballons „Humboldt" und „Phönix" in Berlin gemachten Erfahrungen haben gezeigt, daß das Auftreten schwerer Erscheinungen ganz wesentlich durch Körperanstrengungen begünstigt wird, sowie daß das Einatmen von komprimiertem Sauerstoff erhebliche Erleichterung verschafft.

Die Intensität der Sonnenstrahlung, welche, wie wir oben

sahen, in erheblichem Maße von der Dicke der durchlaufenen atmosphärischen Schichten abhängig ist, muß mit der Höhe aus diesem Grunde eine Zunahme erfahren. Dazu kommt noch, daß die untersten Luftschichten an sich die dichtesten, außerdem aber noch durch reichlichere Beimengung von Staub und Wasserdampf die undurchgänglichsten sind. So absorbieren die höheren Atmosphärenschichten weniger Sonnenwärme, lassen also entsprechend mehr derselben hindurch.

Es ist bekannt, daß in großen Höhen trotz außerordentlich niedriger Lufttemperaturen die Haut der unbedeckten Körperteile verbrennt, zumal wenn, wie im Luftballon, die Luft unbewegt ist. Langley sah auf dem Mount Whitney in Kalifornien in 4510 m Höhe die Temperatur in einem mit zwei Glasplatten bedeckten Kupfergefäße sich bis weit über den Siedepunkt des Wassers erhöhen. Cayley beobachtete in 3500 m Höhe in Leh (Tibet) an einem Schwarzkugel-Vakuumthermometer 101,7° C., während der Siedepunkt des Wassers in dieser Höhe nur 88° C. beträgt.

Unmittelbar fühlbar wird die Wirkung der Strahlungsintensität durch den großen Temperaturunterschied in der Sonne und im Schatten. E. Frankland[35] hat eine Reihe relativer Messungen hierüber mit dem Schwarzkugelthermometer angestellt, bei welchen sich z. B. ergab, daß in 46 m Seehöhe dieser Unterschied 11,5° (30,0° gegen 41,5°), in 3140 m aber 32,8° (14,2° gegen 47,0°), in einem anderen Falle in 2980 m sogar 53,5° (6,0° gegen 59,5°) betrug. Vom Verfasser wurden auf dem Säntis in 2500 m Höhe wiederholt Unterschiede von 43°—44° beobachtet, in einem Falle 44,6° (6,1° gegen 50,7°)[36].

Die hygienische Bedeutung der großen Strahlungsintensität der Höhen liegt, wie wir oben schon gesehen haben, vornehmlich in der Möglichkeit, selbst während des Herrschens sehr niedriger Lufttemperaturen sich im Freien aufhalten zu können. In klimatischer Beziehung ist die unter dem Einflusse derselben erzeugte relativ hohe Bodenwärme von erheblicher Bedeutung, welche die Vegetationsverhältnisse der Gebirge in gewisser Beziehung unabhängig macht von der eigentlichen Lufttemperatur. Selbstverständlich wird hierdurch eine um so schärfere klimatische Grenze gezogen zwischen den der Sonnenstrahlung in unseren Breiten überhaupt zugänglichen Ost-, Süd- und Westseiten der Gebirge und den stets unbestrahlten Nordhängen derselben. Jedenfalls würde man das Klima eines Gebirges durchaus falsch beurteilen, wenn man ausschließlich die Lufttemperatur zu Grunde legen wollte. Ch. Martius[37] fand z. B. aus gleichzeitigen Beobachtungen während drei völlig heiterer Tage:

| | in Bagnères (551 m) | Pic tu Midi (2877 m) | Differenz |
|---|---|---|---|
| die mittlere Temperatur der Luft | 22,3° | 10.1° | 12,2° |
| die mittlere Temperatur des Bodens | 36,1° | 33.8° | 2,3° |
| die mittlere Temperatur des Bodens in 5 cm Tiefe | 25.5° | 17,1° | 8,4° |

Selbst bis zu 5 cm Tiefe erwies sich demnach der Boden des 2326 m höher liegenden Pic du Midi als erheblich wärmer.

Wenn wir vorher das Klima der hohen Gebirge mit dem Polarklima verglichen, so müssen wir doch in Bezug auf die Strahlungsintensität und deren Wirkungen einen erheblichen Unterschied zwischen beiden nicht außer Acht lassen. Im letzteren erhebt sich trotz der langen Dauer der Bestrahlung die Bodentemperatur niemals über die

der Luft, sodaß die Erde schon in geringer Tiefe gefroren bleibt, und die Vegetation eine relativ geringe Entwickelung erfährt.

Andererseits entspricht naturgemäß der stärkeren Wärmezustrahlung eine größere Wärmeausstrahlung, sodaß die Schwankungen der Bodenwärme in den Gebirgen erheblich größer sind, als in der Ebene.

Die Temperatur der Luft erfährt mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel überall eine Abnahme, welche, wenn man ähnliche Lagen, also Thal mit Thal, Abhang mit Abhang und Gipfel mit Gipfel miteinander vergleicht, in allen Höhen in dem gleichen Maße einer arithmetischen Progression erfolgt. Ein Einfluß der geographischen Breite ist dabei nicht erkennbar, wohl aber derjenige örtlicher Verhältnisse. Auf der nördlichen Halbkugel beträgt z. B. die Temperaturabnahme an der Südseite der Gebirge 0,69° pro 100 m Erhebung, an der Nordseite aber 0,55°. Freistehende Berge haben erheblich geringere Temperaturen als plateauartige Erhebungen von gleicher Höhe. In den Gegenden ausgeprägter Jahreszeiten finden sich Unterschiede in der Temperaturabnahme zwischen dem Winter und dem Sommer; in Mitteleuropa und Nordamerika ist dieselbe im Sommer um 1,5-mal rascher als im Winter. In den Tropen hängen die an sich geringen jahreszeitlichen Aenderungen durchaus von dem Eintritt der Regenzeiten ab; viel größer sind die zwischen den regenarmen und regenreichen Seiten der Gebirge bestehenden Unterschiede. In Ceylon nimmt z. B. die Temperatur pro 100 m Erhebung auf der Regen- oder Luvseite des Gebirges um 0,55°, auf der trockenen oder Leeseite um 0,80° ab.

Die Gründe für die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe sind folgende:

Die Atmosphäre verhindert den Wärmeverlust durch nächtliche Ausstrahlung in höherem Grade, als die Erwärmung durch die Einstrahlung; dies geschieht am stärksten durch die untersten, dichtesten Schichten. Je dünner nun mit zunehmender Höhe diese Hülle wird, um so schwächer wird ihre Wirkung und um so niedriger die Temperatur. Aufsteigende trockene Luftmassen erkalten durch adiabatische Ausdehnung um 1,0° C. pro 100 m; in feuchter Luft dagegen beträgt infolge der bei der Kondensation des Wasserdampfes frei werdenden Verdampfungswärme die Abnahme nur etwa 0,5° C. pro 100 m. Letzterer Vorgang verlangsamt also die Temperaturabnahme mit der Höhe ganz beträchtlich.

Die Hauptquelle der Luftwärme ist der durch Bestrahlung erhitzte Erdboden, welcher an die ihm zunächst anliegenden Luftschichten am meisten Wärme abgiebt.

Diese allgemein vorhandene Temperaturabnahme mit der Höhe erleidet aber unter gewissen Voraussetzungen Ausnahmen. Wenn in einem Gebiete hohen Luftdruckes, einem barometrischen Maximum der höheren Breiten windstilles und heiteres Wetter herrscht, so findet man, daß bis zu gewissen Höhen die Abhänge und Gipfel der Berge auch während der Nachtzeit wärmer sind, als die benachbarten Thäler und Niederungen. Ein Gleiches findet sich auch in der freien Atmosphäre über Ebenen. Vornehmlich ausgeprägt tritt diese Erscheinung auf während des Winters, wenn der Boden mit Schnee bedeckt ist, und sie ist am stärksten in den untersten Luftschichten, wo die Temperaturzunahme nicht selten 1° auf 5 m beträgt. Der Grund für diese Temperaturumkehrung liegt in dem Auftreten niedersinkender Luftströme im Innern und am Rande eines barometrischen Maximums, indem hierbei die fortgesetzte

Vermehrung des Luftdruckes eine Kompression und demzufolge eine Erwärmung der niedersinkenden Luftmassen bewirkt. Die Berggipfel werden von dieser dynamisch erwärmten Luft unmittelbar getroffen und entziehen derselben infolge ihrer kleinen Oberfläche durch Bodenausstrahlung weniger Wärme, als die Niederungen, in welchen dieser Wärmeverlust die Kompressionserwärmung überwiegt. Dazu kommt noch, daß die durch Berührung mit den ausstrahlenden Abhängen erkalteteten Luftmassen vermöge ihrer größeren Schwere nach den Thälern hin abfließen und sich hier, einen See kalter Luft bildend, ansammeln.

Diese Erscheinung der Temperaturumkehrung wird in klimatischer und hygienischer Beziehung in denjenigen Gebirgen bedeutungsvoll, in welchen sie häufig aufzutreten pflegt. Sie mildert das Winterklima der Höhen gegenüber dem der Thäler in einer ganz erheblichen Weise.

Der jährliche und tägliche Gang der Temperatur im Gebirge unterscheidet sich nicht unwesentlich von dem der Niederungen, besonders in den mittleren und höheren Breiten. Hier nähert sich das Klima der Höhen in thermischer Beziehung dem Küstenklima, indem die Jahres- und Tagesamplituden kleiner werden: häufige nächtliche und winterliche Temperaturumkehrungen verhindern den Eintritt tiefer Minima gerade in denjenigen Zeiten, in welchen sie in den Thälern und Ebenen vornehmlich vorkommen, reger Luftwechsel und geringe Ausdehnung der Bodenfläche wirken der sommerlichen und am Tage stattfindenden Erwärmung der Berggipfel entgegen.

Der W a s s e r d a m p f nimmt in der Atmosphäre in sehr viel rascherem Verhältnisse mit der Höhe ab, als der Luftdruck. In einer Seehöhe von 2000 m findet sich nur noch die halbe Wasserdampfmenge der Atmosphäre, während der halbe Luftdruck erst in 5—6000 m Höhe erreicht wird. Deshalb ist der Einfluß der Gebirge auf die „Wasserdampf-Atmosphäre“ der Erde ein sehr bedeutender, sodaß schon mäßige Höhen für die Verteilung und Kondensation des Wasserdampfes wirksam werden können. So bilden höhere Gebirge in vielen Fällen Grenzen schroffer klimatischer Gegensätze in Bezug auf Bewölkung und Niederschläge und, hiervon abhängig, auch der Temperatur.

Die relative Feuchtigkeit ist von der Höhe an sich kaum abhängig. Zwar sehen wir häufig die Gebirgsgipfel wochenlang von einem Wolkengürtel eingehüllt, welcher im Winter eine tiefere Lage hat, als im Sommer, aber ein eigentlicher Gang der relativen Feuchtigkeit mit der Höhe existiert nicht, vielmehr ist dieselbe fast ausschließlich von dem Herrschen auf- oder niedersteigender Luftströme abhängig. Deshalb ist auch ein jäher Wechsel von völliger Dampfsättigung mit außerordentlicher Trockenheit in den höheren Gebirgen sehr häufig zu finden. Jeder aufwärts gedrängte Luftstrom transportiert Wasserdampf in die Höhe, welcher sich schnell zu Wolken verdichtet; hört er auf, bergaufwärts zu wehen, so bewirkt die Trockenheit der freien Atmosphäre Auflösung der Wolken. Aber auch in der freien Atmosphäre finden sich, wie die jüngsten Luftballonfahrten lehrten, nicht selten in verhältnismäßig niedrigen Höhen (gegen 2000 m) Zonen nahezu vollständiger Trockenheit der Luft vor, beiderseits begrenzt von feuchteren Schichten.

Die Bewölkung ist im Hochgebirge im allgemeinen etwas geringer als in der Ebene; vornehmlich herrscht im Herbst und Winter auf den

Höhen oft langdauerndes heiteres Wetter, während die Niederungen von dichtem Nebel und niedriger Wolkendecke überlagert sind. Im Frühjahr und Sommer dagegen ist die Bewölkung größer, als in der Ebene.

Die Menge und Häufigkeit der Niederschläge wird von den Gebirgen in hohem Grade beeinflußt, indem die an den Abhängen derselben durch den Wind emporgedrängten Luftmassen unter niedrigeren Luftdruck gebracht und hierdurch abgekühlt werden, was zur Kondensation des mitgeführten Wasserdampfes Veranlassung giebt. Die das Gebirge überschreitende Luft wird an der „Unterwind- oder Leeseite“ infolge ihrer Abwärtsbewegung komprimiert und erwärmt und hierdurch relativ trockener. Die Gebirge sind deshalb gewissermaßen als Fangapparate des atmosphärischen Wasserdampfes anzusehen, welche besonders in regenarmen Gebieten eine erhebliche Wichtigkeit für die Wasserversorgung der Ebene besitzen. Selbst in den Wüstengebieten der Erde, in der Sahara, in Arabien, Mittelasien und Nordamerika entladen sich während des Sommers Gewitter mit schweren Regengüssen auf den höheren Plateaus oder Gebirgen.

Gebirge, welche von einer vorherrschenden feuchten Windrichtung senkrecht getroffen werden, weisen stets eine nasse und eine trockene Seite auf. Weht ein solcher Wind während des größten Teiles des Jahres aus derselben Richtung, so nimmt ein entsprechend hohes und geschlossenes Gebirge weiten Landstrichen hinter demselben nahezu allen Regen fort. Die Häufigkeit und Menge der Niederschläge nimmt bis zu einer von lokalen Umständen abhängigen Grenze mit der Höhe im Gebirge zu, oberhalb derselben aber wieder ab; in den Mittelgebirgen Deutschlands wird jedoch diese Grenze nicht erreicht.

Wo in den höheren Gebirgen die Sonnenwärme der wärmeren Jahreszeit nicht ausreicht, um die in Form von Schnee gefallenen Niederschläge zu verflüssigen, bildet sich eine dauernde Schneebedeckung, der sogenannte „ewige Schnee“. Die Höhenlage ihrer unteren Grenze, der „Schneegrenze“, ist nicht allein von der mittleren Sommertemperatur, sondern auch von der Menge des Schneefalles selbst abhängig. Außerdem kommt noch die Exposition gegen die Sonnenstrahlung, sowie gegen warme und trockene Landwinde in Betracht. Am tibetanischen Teile des Himalaya liegt z. B. die Schneegrenze an der Südseite um fast 500 m höher als an der Nordseite, an den Nordhängen der Alpen ist ihre mittlere Höhe 2700 m, an den Südhängen 2800 m. Umgekehrt finden wir aber bei manchen Gebirgen die Schneegrenze an den südlichen Abhängen trotz günstiger Exposition weiter hinabreichen, als an den nördlichen, wenn die ersteren erheblich mehr Niederschläge erhalten, als die letzteren. Am Kaukasus z. B. hat die trocknere Nordseite ihre Schneegrenze in einer um 3—400 m höheren Lage, als die feuchte Südseite.

In noch höherem Grade hängen die Höhen, bis zu welchen die unteren Gletscherenden herabreichen, von örtlichen Verhältnissen ab; hierbei kommt die Größe des Firnfeldes, sowie die Neigung des Gletscherbettes vornehmlich in Betracht, da ein reichlicher und schneller Ersatz der Schmelzverluste das Herabsteigen bis in geringere Höhen befördern muß. Deshalb differieren die Höhen der Gletscherenden und die an ihnen zu findende mittlere Jahrestemperatur je nach den örtlichen Bedingungen ganz bedeutend voneinander. So endet z. B. der Franz-Joseph-Gletscher an der Westküste der Südinsel von Neu-Seeland in 210 m Meereshöhe mit einer mittleren Jahrestemperatur von 10°,

welche derjenigen von Wien entspricht[38]. An der Nordwestküste von Nordamerika reicht unter 54° Breite ein Gletscher bis an das Meer herab. Dagegen endet im Himalaya der Bephogletscher in 3010 m Höhe, am Montblanc in den Alpen enden die Gletscher in 1450 m Höhe bei einer Jahrestemperatur von 4,5°; in Ostsibirien reicht auf der Südseite des Munko-Sardyk in 52° Breite ein Gletscher nur bis 3170 m Höhe, wo eine mittlere Jahrestemperatur von — 10° herrscht. Die Temperaturen an den Gletscherenden schwanken demnach um volle 20°.

Charakteristisch für das Höhenklima ist ferner noch die erhebliche Größe der Verdunstung, welche sich zum großen Teile aus dem geringeren Luftdrucke erklärt, anderseits aber auch von der geringen relativen Feuchtigkeit der Höhenluft und der stärkeren Luftbewegung abhängt. Das Wasserbedürfnis der organischen Welt ist deshalb im Gebirge ein erheblich größeres, als in der Ebene. Aus der Trockenheit der Höhen geht auch die große Durchsichtigkeit der Luft hervor, welche das richtige Schätzen von Entfernungen unmöglich macht. Hierzu trägt aber auch noch die geringe Verunreinigung der Luft durch Staub erheblich bei.

Aehnlich wie der thermische Gegensatz zwischen Wasser und Land an den Küsten die Land- und Seewinde erzeugt, ruft auch das Gebirge selbständig Luftströmungen hervor, welche als „Gebirgswinde" oder auch als „Tag- und Nachtwinde" bezeichnet werden.

Wenn nicht stärkere allgemeine Luftströmungen herrschen, macht sich in allen Gebirgen und den gebirgsnahen Niederungen bei Tage ein thalaufwärts wehender, bei Nacht ein thalabwärts streichender Wind bemerkbar, dessen Stärke von den örtlichen Verhältnissen beeinflußt wird.

Der Grund für das Entstehen des thalabwärts fließenden Nachtwindes ist in einer stärkeren Erkaltung und deshalb größeren Schwere der die Bergabhänge berührenden Luft zu suchen, welche nun, dem Gesetze der Schwere folgend, abwärts fließt. Die Entstehung des Tagwindes erklärt Hann in folgender Weise[39]:

Wenn in einem Thale die Temperatur der Luft durch die Besonnung steigt, dehnt sich die Luft entsprechend aus und zwar über dem Thale selbst stärker als an den Abhängen der Berge. Hierdurch werden die Flächen gleichen Druckes über dem Thale gehoben, sodaß ein Gefälle gegen den Bergabhang hin entsteht, welchem die Luft folgt und deshalb gegen das Gebirge hin abfließt. An den besonnten Berglehnen selbst aber wird die Luft eine Tendenz zu aufsteigender Bewegung erhalten, welche sich mit der gegen das Gebirge hin gerichteten der freien Atmosphäre über dem Thale zu einer resultierenden längs den Berghängen emporsteigenden vereinigt. So wirkt das Gebirge tagsüber gewissermaßen ansaugend auf die umgebenden Luftmassen.

In klimatischer Hinsicht ist dieser regelmäßige Windwechsel in den Gebirgen von großer Wichtigkeit: der Tagwind bewirkt im Gebirge das Auftreten von Wolken und Niederschlägen, oft auch von Gewittern in den Nachmittagsstunden. Diese Erscheinungen sind häufig ausschließlich auf die Gebirge beschränkt, während ringsum heiteres Wetter ohne jede Neigung zu Niederschlägen besteht. Ihre Wirkung ist ein ausgesprochenes Uebergewicht der Niederschläge im Gebirge, sowohl was Quantität als auch Häufigkeit derselben betrifft; die Niederungen aber partizipieren an denselben durch ausgiebige Speisung des Grundwassers, der Quellen und Wasserläufe.

Während der Nacht führt der absteigende Bergwind den Wasserdampf in die Tiefe, während die Wolken der Höhen verschwinden; seine niedrige Temperatur bringt nun in Verbindung mit der starken Wärmeausstrahlung infolge heiteren Nachthimmels den Wasserdampf in der untersten Luftschicht zur Kondensation und führt zu reichlicher Taubildung.

In hygienischer Hinsicht sind die Gebirgswinde von Bedeutung wegen der regelmäßigen und ausgiebigen Ventilation der Thäler, in welchen sich sonst leicht Schädlichkeiten aller Art anhäufen würden, zumal dieselben dann am ausgeprägtesten auftreten, wenn die allgemeine Luftbewegung am geringsten ist oder völlig fehlt. In den Thälern würde unter solchen Verhältnissen die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft leicht eine den Bewohnern höchst lästige und Krankheiten hervorrufende Höhe erreichen.

Die Tag- und Nachtwinde haben wir als ein vom Gebirge selbst erzeugtes eigenartiges Windregime zu betrachten, welches von den großen allgemeinen Luftströmungen unabhängig ist. Die Gebirge vermögen jedoch auch unter gewissen Bedingungen den sie berührenden großen Luftbewegungen höchst eigenartige Merkmale zu verleihen, welche dort, wo sie häufig auftreten, direkt zu einem wichtigen klimatischen Faktor werden.

Unter dem Namen „Föhnwinde“ begreift man diejenigen, meist mit stürmischer Stärke auftretenden heißen und trockenen Winde, welche in Gebirgsthälern und den anschließenden Niederungen wehen, wenn eine barometrische Depression in größerer Entfernung parallel der Gebirgskette vorüberzieht.

Die hohe Temperatur und Trockenheit des Föhns, welchen man zuerst an den nördlichen Alpenthälern näher kennen gelernt hatte, glaubte man lange Zeit hindurch auf die Sahara zurückführen zu müssen, bis vornehmlich Hann, gestützt auf die Lehren der mechanischen Wärmetheorie, denselben für einen lokalen Fallwind erklärte.

Wenn eine barometrische Depression im Westen oder Nordwesten des Alpenkammes auf der Linie zwischen dem Biscaya-Busen und dem englischen Kanal gegen Europa heranrückt, dann wird zunächst die Luft über West- und Mitteleuropa, weiterhin aus dem Alpenvorlande und den nach Nordwest und Nord sich öffnenden Alpenthälern gegen die Depression hin in Bewegung gesetzt. Der durch das Abströmen in den Thälern erzeugte Luftverlust kann aber nicht, wie in dem offenen Lande, von den Seiten her schnell ersetzt werden, da die hohe Alpenmauer dem Nachströmen von Süden her ein Hindernis bereitet; es muß deshalb zunächst die fehlende Luft aus der Höhe, von den Alpenkämmen entnommen werden. Die Hemmung ungehinderten Ersatzes erzeugt aber in den Alpenthälern selbst eine Verdünnung der Luft, welche deren Druck vermindert, sodaß hier eine lokale barometrische Depression entsteht, und diese aspiriert wegen der relativ großen Druckunterschiede auf geringe Entfernung hin die Luft der Höhen mit großer Energie. So stürzt vom Gebirgskamme herab die Luft in stürmischen, oft orkanartigen Stößen in die Thäler, indem sie zudem noch die größere Bewegungsgeschwindigkeit der höheren Atmosphärenschichten mit nach abwärts bringt. Bei dem Niedersteigen erwärmt sich dieselbe durch Kompression in erheblichem Grade, wodurch der mitgeführte Wasserdampf mehr und mehr vom Sättigungspunkte entfernt wird. So kommt die Luft im Thale als äußerst trocken an.

Verfolgt man die Vorgänge während eines Föhns längs der Bahn der Luftströmung über die Alpen hin, so findet man etwa folgendes Bild. An der Südseite des Gebirges betrage in 200 m Meereshöhe die Temperatur 5°, die relative Feuchtigkeit 80 Proz.; beim Aufsteigen der nach Nord sich bewegenden Luft an dem Gebirgsabhange wird dieselbe abgekühlt und erreicht bei etwa 3,7° volle Dampfsättigung, was bei einer Temperaturabnahme von etwa 0,6° pro 100 m in ungefähr 400 m Höhe stattfindet. Hier beginnt die Kondensation zu Regen, weiterhin zu Schnee, in deren Folge die weitere Temperaturabnahme pro 100 m auf 0,4° sinkt. So finden wir 1000 m höher bei fortwährenden Niederschlägen eine Temperatur von — 0,3°, weitere 1000 m höher — 4,3°, mit welcher der Alpenkamm in 2400 m Höhe überschritten wird. Durch die fortgesetzte Kondensation beim Aufsteigen ist aber der Luft ein beträchtlicher Teil ihres Wasserdampfes schon entzogen worden. Nun tritt die abwärts gerichtete Bewegung der Luft an der Nordseite des Gebirges ein und mit ihr eine Kompressionserwärmung derselben, welche den noch vorhandenen Wasserdampf sofort von seiner Kondensationsgrenze entfernt. Die Luft sinkt also als relativ trockene und auf dem weiteren Wege fortwährend trockener werdende hinab und gewinnt so, den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie entsprechend, auf je 100 m Höhenänderung einen vollen Grad an Wärme. So finden wir dieselbe 1000 m niedriger mit einer Temperatur von + 5,7° und in der Meereshöhe von 400 m mit einer solchen von 15,7° wieder, während sie auf der Südseite in derselben Höhe nur 3,7° besaß. Die relative Feuchtigkeit aber ist von 100 Proz. auf etwa 20 – 25 Proz. herabgegangen. So kommt der Föhn als äußerst warmer und trockener Wind in den nördlichen Alpenthälern an.

In manchen Thälern der nördlichen Alpen tritt dieser Vorgang, bald mehr bald weniger ausgeprägt, so häufig auf, daß derselbe eine klimatische Bedeutung erlangt. Im Mittel von 7 Jahren kamen in der Nordschweiz im Winter 9, im Frühling 17, im Sommer 5, im Herbst 10, im Jahre also 41 Föhntage vor, d. h. während $1^1/_3$ Monat herrschte die dem Föhn eigentümliche hohe Temperatur und Trockenheit. Der Einfluß auf die mittlere Temperatur und Feuchtigkeit ist deshalb ein nicht unbedeutender und findet seinen Ausdruck in dem Vorhandensein besonderer Begünstigungen der Vegetation, wie der Maiskultur und des Weinbaues. Sein häufiges Auftreten im Frühling befördert aber in wirkungsvoller Weise das Schmelzen des Schnees.

Die Unabhängigkeit des Föhns von der Sahara wird am deutlichsten dadurch bewiesen, daß nicht nur unter der entsprechenden Bedingung in den Alpenthälern „Nordföhne" auftreten, sondern daß auch andere Gebirge ihren Föhn haben. So ist derselbe an der Küste von Westgrönland, am Kaukasus, in den Pyrenäen, auf Neu-Seeland, kurzum an allen Gebirgen, bei welchen die oben genannten Vorbedingungen zutreffen, nachgewiesen worden. Uebrigens kommen föhnartige Erscheinungen, wenn auch in abgeschwächtem Maße, auch in den deutschen Mittelgebirgen vor[40].

In hygienischer Beziehung ist der Föhn für die von ihm häufig heimgesuchten Thäler nicht ohne Bedeutung, abgesehen von der Gefahr, welche er durch seine oft orkanartige Stärke und die eminente Feuersgefahr infolge seiner ausdörrenden Wirkung ausübt. Unter der hohen Temperatur des Föhns, welche im Winter oft auf 22° und darüber steigt, leiden Menschen und Tiere, welcher sich eine Abspannung und Mattig-

keit bemächtigt. Die geringe relative Feuchtigkeit, welche sich gelegentlich bis auf 10 Proz. und darunter erniedrigt, erhöht rapide die Wasserausscheidung des Körpers durch Verdunstung aus der Haut und den Lungen, kann daher leicht bei geschwächten Individuen gefährliche Schwankungen des Blutdruckes zur Folge haben[41].

Ein anderer durch Gebirge veranlaßter Fallwind ist die „Bora" des Adriatischen Meeres, welcher darauf beruht, daß auf den hochgelegenen Plateaus der nordwestlichen Balkanhalbinsel im Winter die Luft außerordentlich stark erkaltet und, unter besonderen Bedingungen über den Rand der dalmatinischen Küste überflutend, mit ihrer vollen Schwere und Eiseskälte orkanartig niederstürzt in die erheblich wärmere Luft des Adriatischen Meeres. Zwar wird sie hierbei ebenfalls durch Kompression erwärmt, aber der Höhenunterschied ist nicht groß genug, um die nicht selten bis unter — 20° abgekühlte Luft am Meere als warm ankommen zu lassen; vielmehr überziehen sich unter ihrem Wehen alle Gegenstände mit Eis. Uebrigens finden sich auch an anderen Orten, z. B. am Südwestfuße des Kaukasus bei Noworossisk, analoge Winde vor, auch der als Mistral bekannte Wind im südlichen Frankreich steht der „Bora" nahe, ohne jedoch ein eigentlicher „Fallwind" zu sein.

Viele in einzelnen Gegenden mit besonderen Namen bezeichneten Lokalwinde entsprechen den als Tag- und Nachtwind bezeichneten Vorgängen, z. B. der Wisperwind; die sogenannte „Bise" des Genfer Sees scheint eine Kombination von Gebirgswind mit dem Land- und Seewinde darzustellen.

Eine weitere wichtige Funktion der Gebirge haben wir darin zu erblicken, daß dieselben einen Windschutz für ihre Thäler und benachbarten Niederungen darstellen. Die Vegetationsbedingungen einer Gegend beruhen nicht allein auf der Temperatur und den Niederschlägen, sondern auch auf der Windstärke. Es ist bekannt, daß starke Winde, wie sie auf weiten Ebenen oder auf Berggipfeln zu wehen pflegen, dem Gedeihen der Bäume direkt hinderlich sind, besonders wenn es sich um Neuanpflanzungen solcher handelt. Deshalb finden wir auch in windgeschützten Thälern meist einen kräftigeren und üppigeren Baumwuchs.

Ferner aber gewähren größere geschlossene Gebirgsketten, welche in nahezu west-östlicher Richtung verlaufen, einen sehr beträchtlichen Schutz gegen die kalten, den höheren Breiten entstammenden Winde; sie stellen demnach höchst wirksame klimatische Schranken dar. So ist der Alpenwall von großer Bedeutung für das Klima seiner südlichen Abhänge, sowie für die gebirgsnahen Teile von Oberitalien, indem er die kalten Nordwinde von denselben abhält oder denselben, falls sie das Gebirge übersteigen, einen föhnartigen Charakter erteilt. Auch die ungarische Ebene verdankt zum Teil ihre thermische Begünstigung dem schützenden Bergwalle der Karpathen. Ganz besonders erfreut sich Nordindien des gewaltigen Schutzes der Himalaya-Mauer, welche das Vordringen der außerordentlichen Winterkälte von Innerasien wirksam verhindert. So hat Lahore eine Wintertemperatur von 14,0°, während das auf gleicher Breite gelegene Shanghai eine solche von 3,9° besitzt, obwohl letzteres an der südlichen Küste von China liegt. Das Fehlen einer von West nach Ost verlaufenden Gebirgskette in Nordamerika bedingt das außerordentlich weit nach Süden reichende Vordringen der winterlichen Kälte.

Im Sommer schützen umgekehrt die Gebirgsketten das Binnenland vor dem Wehen kalter Seewinde, sodaß selbst in großer Nähe der Küste sich hohe Sommertemperaturen entwickeln können.

---

Der Einfluß des Waldes als klimatischer Faktor ist, so deutlich er auch auf den ersten Blick erscheint, noch durchaus nicht scharf definiert. Während man nämlich bisher keinen Zweifel daran hegte, daß während des Sommers die Lufttemperatur im Walde eine niedrigere sei, als die gleichzeitige auf offenem Felde, haben die in neuester Zeit von Schubert in Eberswalde mit dem Aßmann'schen Aspirations-Psychrometer angestellten exakten Vergleichungen unwiderleglich bewiesen, daß die Lufttemperatur keine nennenswerten Unterschiede zwischen Wald und Feld aufweist. Die sogenannte „Waldkühle" an heißen, sonnenreichen Tagen ist demnach nur durch den Schutz gegen die Sonnenstrahlung und reflektierte Strahlung zu erklären. Hiermit fallen aber alle diejenigen Schlüsse, welche auf der niederen Lufttemperatur des Waldes beruhen.

Die Luftfeuchtigkeit dagegen ist im Walde zweifellos eine größere, als im Freilande, was aus der Verdunstung großer Wassermengen aus den Blättern der Bäume hervorgeht. Eine Eiche verdunstete z. B. aus etwa 700000 Blättern von je 2325 qmm Inhalt in ihrer Vegetationszeit vom 18. Mai bis zum 25. Oktober 120000 kg Wasser. Außerdem wird durch die infolge der Reibung an den Bäumen verringerte Windstärke der Wasserdampf des Waldes weniger schnell fortgeführt, die Luft also selbst feuchter erhalten.

Der hygienische Einfluß des Waldes beruht wahrscheinlich im wesentlichen auf der größeren relativen und absoluten Feuchtigkeit und dem hierdurch vermindertem Wasserbedürfnis der organischen Wesen, außerdem aber wohl noch auf dem geringeren Staubgehalte der Luft, hervorgehend aus der Bedeckung des Waldbodens mit fester Rasen-, Moos- oder Laubdecke und geringerer Windstärke. Das Auftreten von wohlriechenden ätherischen Oelen in Nadelholzwäldern hat außerdem einen erfrischenden Einfluß auf das Nervensystem des Menschen.

---

Zum Schlusse der vorstehenden, nach Maßgabe des verfügbaren Raumes nichts weniger wie erschöpfenden Darstellung des Klimas in seinen wichtigsten Faktoren und Erscheinungsformen seien noch einige Worte der Frage gewidmet, ob das Klima unserer Erde als ein konstantes zu betrachten sei oder nicht.

Diese Frage ist in neuerer Zeit besonders durch die eingehenden Untersuchungen von E. Brückner in nicht anzuzweifelnder Weise beantwortet worden[42]. Derselbe weist auf Grund der sicher nachgewiesenen Schwankungen des Kaspischen Meeres, sowie anderer abflußlosen Seen, ferner aber auch der Flüsse und Flußseen, der säkularen Schwankungen der Niederschlagsmengen auf der ganzen Erde, der Eisverhältnisse der Flüsse seit 1736, des Datums der Weinernte seit 1400 und der Ueberlieferungen über strenge Winter seit dem Jahre 800 nach, daß auf der ganzen Erde deutlich ausgeprägte Klimaschwankungen existieren, welche eine mittlere Periodenlange von etwa 35 Jahren haben. Innerhalb derselben wechselt eine kalte und feuchte mit einer

heißen und trockenen Periode ab. Mit denselben stimmen unter anderem die von Lang und Richter nachgewiesenen Gletscherschwankungen durchaus überein.

Außer diesen kurzen Schwankungen müssen aber noch größere vor vielen Jahrtausenden unseren Erdball betroffen haben, unter deren Einfluß die zwei oder auch drei nachgewiesenen Eiszeiten stattgefunden haben. Die Temperaturerniedrigung, welche nötig ist, um eine ähnliche Eiszeit hervorzurufen, beträgt nach Brückner nur 3 bis 4° im Jahresmittel. Zwischen diesen großen Schwankungen und den kurzen von 35-jähriger Periode müssen aber auch noch solche von mittlerer Dauer aufgetreten sein, welche in der geologischen wie in der historischen Vergangenheit ihre Spuren zurückgelassen haben.

Zur Zeit würden wir uns nach Brückner im Anfange einer heißen und trockenen Periode befinden, eine Annahme, welcher die klimatischen Eigentümlichkeiten der letzten Jahre durchaus nicht widersprechen.

1) **J. Hann**, *Handbuch der Klimatologie.*
2) **Woeikof**, *Die Klimate der Erde*
3) **Renk**, *Die Luft, in* **v. Pettenkofer** *und* **v. Ziemssen**, *Handbuch der Hygiene I. T., 2. Abt., 2. H.* 7.
4) **Wiedemann's** *Annalen d. Physik u. Chemie* (1879) 6. *Bd.* 520.
5) *On a possible cause of the variations observed in the amount of oxygen in the air, Amer. J. of Science* 22 *Bd., Dez.* 1881.
6) *La pression barométrique* 630 *ff.*; *bei* **Renk** *findet sich hierbei ein wohl unberechtigtes Fragezeichen.*
7) **J. Hann**, *Handbuch der Klimatologie* 48; *l. c.*
8) **Renk**, *Die Luft* 27.
9) **Hann**, *Handb. d. Klimatolog.* 69.
10) **Hann**, *Handb. d. Klimatolog.* 62.
11) **Hann**, *Handb. d. Klimatolog.* 30.
12) **Assmann**, *Das Aspiratious-Psychrometer, ein Instrument zur Bestimmung der wahren Temperatur nud Feuchtigksit der Luft, Abhandlungen des Kgl. Meteorolog. Instituts No.* 5 (1882).
13) **V. Kremser**, *Die Veränderlichkeit der Lufttemperatur in Norddeutschland, Abhandl. d. Kgl. Preufs. Meteorolog. Instituts I No.* 1 (1888).
14) **A. Magelssen**, *Ueber die Abhängigkeit der Krankheiten von der Witterung, Leipzig* (1890), *G. Thieme.*
15) **Hann**, *l. c.* 35.
16) **Thomas**, *Beiträge zur allgemeinen Klimatologie, Erlangen* (1873).
17) *l. c.* 36.
18) *Oesterr. Zeitschr. f. Meteorologie* (1877) 98.
19) **Assmann**, *Mikroskopische Beobachtung der Wolken-Elemente auf dem Brocken, Meteorolog. Zeitschr.* (1885) 41.
20) **Hann**, *l. c.* 82.
21) **Assmann**, *Klimatologische Betrachtungen über die jetzt herrschende Influenza-Epidemie. „Das Wetter"* (1890) 1.
22) *S.* **Assmann**, *Vom Brocken, Das Wetter* (1885) 25.
23) *S.* **Assmann**, *Klimatolog. Betrachtungen, Das Wetter* (1890) 1.
24) **Hann**, *l. c.* 45.
25) *„Das Wetter"* (1890) *No.* 1, 10.
26) **Supan**, *Die Temperaturzonen der Erde; Petermann's Geogr. Mitteilungen* 1879; *s. auch* **Hann**, *l. c.* 233.
27) **Hann**, *l. c.* 81.
28) *l. c.* 84.
29) **Woeikof** (*Die Klimate der Erde* 1. *Bd.* 333) *macht gegen diese Rechnung von* **Forbes** *gewichtige Bedenken geltend, nach welchen die für den Pol angenommenen Temperaturen erheblich zu niedrig sind, während für einen Wasseräquator* 26° *richtig erscheint, bei einem Landäquator aber* 43,2° *erheblich zu hoch sein würde.*
30) **Hann**, *l. c.* 95.
31) *ebend.* 121.

32) **Hann**, *l. c.* 126.
33) *ebend.* 140.
34) *La pression barométrique* 179.
35) **Hann**, *l. c.* 142.
36) **Assmann**, *Das Aspirations-Psychrometer. Abhandlungen d. Kgl. Preufs. Meteorolog. Instituts I No.* 5 (1892) 185.
37) **Hann**, *l. c.* 147.
38) *ebend.* 197.
39) *ebend.* 202.
40) **Assmann**, *Der Einflufs der Gebirge auf das Klima von Mitteldeutschland, Forsch. deutsch. Landes- u. Volkskunde* 1 *Bd.* 6, *Stuttgart* (1886).
41) *vergl. auch* **Höfler**, *Der Föhn vom ärztlichen Standpunkte, Balneolog. Rundschau, Nürnberg* (1893).
42) **Eduard Brückner**, *Klimaschwankungen seit* 1700 *nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit, Geogr. Abhandlungen* 4. *Bd.* 2, *Wien* (1890).

(*Manuskript abgeschlossen: Anfang Dezember* 1893.)

# AKKLIMATISATION UND TROPENHYGIENE.

BEARBEITET

VON

**DR. O. SCHELLONG,**

ARZT IN KÖNIGSBERG I. PR.

---

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. THEODOR WEYL.**

ERSTER BAND. ERSTE ABTEILUNG.
DRITTE LIEFERUNG.

**JENA,**
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1894.

# Inhaltsübersicht.

## 1. Wesen und Begriff der Akklimatisation.

Wort und Begriff Akklimatisation werden von unserem gegenwärtigen Sprachgebrauch in so verschiedenem Sinne angewandt, daß es unerläßlich scheint, sich vor allem mit der Definition dieses Wortes zu befassen.

Offenbar soll damit zunächst auf eine Beziehung hingewiesen werden, welche zwischen einem Lebewesen und einem Klima stattfindet; man kann demnach kaum die gewagte Begriffsverschiebung gut heißen, wie ich sie bei einem Verfasser finde, der von den Keimen der Infektionskrankheiten sagt, sie seien im Körper des Menschen „akklimatisiert". Unter allen Umständen wird man bei der Anwendung des Wortes akklimatisieren die ursprüngliche Beziehung auf das Klima festhalten müssen und zwar vorzugsweise auf ein Klima, welches dem zu akklimatisierenden Lebewesen von Hause aus fremd ist, welches abweicht von demjenigen seiner Heimat, seiner Geburtsstätte.

Wenn man mit Rubner[1] unter Klima „alle durch die Lage eines Ortes bedingten Einflüsse auf die Gesundheit" versteht, und damit also nicht bloß die meteorologischen Agentien meint, sondern die an einem Orte sich geltend machenden Einflüsse überhaupt, die Bodenverhältnisse, die einem Orte eigentümlichen (endemischen) Krankheiten und Aehnliches, und zwar das alles in Beziehung zu der Gesundheit, so wird es gestattet sein, den gleichen Spielraum auch für die Anwendung des Begriffes „Akklimatisation" zuzulassen; man wird also nicht nur die Anpassung des Organismus an neue meteorologische Verhältnisse darunter zu verstehen brauchen, sondern auch von einer Akklimatisation gegenüber gewissen Krankheiten reden dürfen, denjenigen Krankheiten vornehmlich, welche mit dem Klima eines Ortes enge verbunden, gewissermaßen seine Erzeugnisse sind (klimatische oder endemische Krankheiten); ist es doch eine kaum in Abrede zu stellende Thatsache, daß gerade die endemischen Krankheiten einen wesentlichen Anteil haben an dem Zustandekommen oder Nichtzustandekommen des Akklimatisationsprozesses. Wir werden uns also unter dem Begriff „Akklimatisation" die derartige Anpassung eines Lebewesens an alle denkbaren Einflüsse eines ihm selbst oder seinen nächsten Vorfahren fremden Ortes auf seinen Organismus vorzustellen haben, daß es hier ebenso wohl gedeiht wie in seiner ursprünglichen Heimat; wir werden sagen können, Akklimatisation ist gleichbedeutend mit Ortsakkommodation unter veränderten Bedingungen.

Wir sehen in folgendem ganz ab von Pflanzen und Tieren; der Rahmen unseres Themas würde weit überschritten werden müssen, wenn wir diese in die vorliegende Frage mit hineinziehen wollten; wir beschäftigen uns vielmehr ausschließlich mit dem Menschen, mit seiner Fähigkeit, sich an andere Gegenden, als die ihm von der Natur gegebenen, heimatlichen, anzupassen. Da der Mensch, wenn auch in verschiedenen Rassen, auf der ganzen Erde lebt, so lag es nahe, anzunehmen, daß jeder Mensch auch jeden Punkt der Erde bewohnen könne, und nicht Geringere als de Quatrefages[2] und Treille[3] rechnen sich zu den Vertretern dieser Anschauung von der kosmopolitischen Stellung des Menschen in der Natur, wenngleich sie sich dieselbe im einzelnen Falle erst durch viele Generationen und innerhalb langer Zeiträume zu Stande kommend denken:

„L'homme est d'instinct poussé à la conquête du globe. Les obstacles réputés insurmontables pour une génération sont franchis par l'autre. L'évolution se poursuit à travers les siècles, lente, tenace et toujours victorieuse; et l'on peut dire, ici comme ailleurs, que les prophètes de la négation ne peuvent arrêter la marche de l'humanité: son génie est fait de foi et d'ardeur." (Treille[3] p. 5.)

Andererseits aber werden wir schon durch die einfache Beobachtung, daß bestimmte Gegenden der Welt von anthropologisch gut differenzierten Menschenrassen bewohnt werden, zu der Annahme gedrängt, daß sich das Gedeihen des Menschen unter jedem Klima an bestimmte somatische Eigentümlichkeiten knüpft; daraus können wir den weiteren Schluß ziehen, daß, wenn die Angehörigen einer Rasse die Wohnsitze einer anderen einnehmen wollen, dieses nicht anders geschehen könne, als daß sich, sei es alsbald, sei es allmählich, an ihnen gewisse organische Veränderungen, akklimatorische Anpassungen vollziehen, welche, wenn sie zu einem günstigen Abschluß gelangen, zur Akklimatisierung der Rasse führen und damit einen Zustand schaffen, bei welchem die auf fremden Boden verpflanzte Rasse ohne fortdauernde Unterstützung aus der ursprünglichen Heimat gedeiht und sich ungeschwächt fortpflanzt.

Die Franzosen machen einen Unterschied zwischen acclimatement und acclimatation (les maladies de l'acclimatement; la société d'acclimatation). A. Bertillon[4] bezeichnet diese Ausdrücke als „presque synonymes"; Treille[3] und E. Rochard[5] verstehen unter acclimatement die anthropologische Veränderung, welche der Mensch unter den veränderten Bedingungen eines fremden Klimas ohne sein Dazuthun erfährt, während sie bei dem Begriff acclimatation das Dazuthun des Menschen, die Summe der hygienischen Hilfsmittel im Auge haben, durch welche diese Veränderung (acclimatement) begünstigt wird. Die Engländer haben nur das Wort „acclimatisation"; nach dem deutschen Sprachgebrauch scheint eine Unterscheidung zwischen den Begriffen Akklimatisierung und Akklimatisation nicht gemacht zu werden.

Je nachdem sich nun der Anpassungsprozeß auf einzelne Individuen bezieht, oder bei einer ganzen Nationalität oder Rasse stattfindet, spricht man von individueller oder von Rassenakklimatisation; letztere ist Hirsch[6] gleichbedeutend mit Kolonisation. Die allereinfachste Form der Akklimatisation, diejenige, bei welcher

eine Rasse unter einem anderen als dem gewohnten Klima ohne besondere Bedingungen, d. i. nach Art der Eingeborenen, zu leben vermag, nennt van der Burg[7] Naturalisation.

Unter den verschiedenen Faktoren, welche den Begriff „Klima" ausmachen, ist keiner von so hervorragender Bedeutung, wie die Temperatur der Luft; diese, wesentlich abhängig von dem Neigungswinkel (κλίμα), unter welchem ein bestimmter Teil der Erde zur Sonne steht, erreicht ihre größte Höhe in den äquatorialen Gegenden, in der zwischen den beiden Wendekreisen gelegenen tropischen Zone. Nach Norden und nach Süden hin nimmt die Lufttemperatur ab, sodaß also für die Akklimatisationsfrage nur die Breitengrade der Weltkugel in Betracht kommen. Man kann sagen: je weiter ein Individuum sich äquatorwärts oder polarwärts von seinem Standorte entfernt, um so tiefergreifende Akklimatisationsprozesse wird es durchzumachen haben, während geringe Abweichungen nach Norden oder nach Süden um wenige Breitengrade (petit acclimatement der französ. Autoren) oder die Vorwärtsbewegung von Ost nach West keinen nennenswerten Akklimatisationsvorgang zur Folge haben werden. Auch ist anzunehmen, daß, je allmählicher die Ueberführung in andere klimatische Verhältnisse erfolgt, auch um so unmerklicher die akklimatorischen Veränderungen von statten gehen werden. Beides ist wahrscheinlich bei der großen prähistorischen Völkerbewegung der Arier der Fall gewesen; das Gleiche hat sich wiederholt bei den historischen Völkerwanderungen der Vandalen und Westgoten; Schritt für Schritt sind diese Völker weitergezogen, sich überall vertraut machend mit den geringen klimatischen Abweichungen, welchen sie jedesmal begegneten.

Die Völkerwanderungen sind für alle Zeiten abgethan; die Vorstöße, welche heutzutage von einzelnen Völkern in ihnen fremde Gebiete gemacht werden, erfolgen nicht in der gleichen Massenhaftigkeit, wie ehedem, und tragen vermöge der uns zu Gebote stehenden großartigen Kommunikationsmittel einen mehr explosiven Charakter. Es sind vorzugsweise die verschiedenen europäischen, der „weißen" Rasse angehörenden Nationalitäten, welche auf den spärlich oder von schwächeren Rassen bewohnten Gebieten des tropischen Gürtels sich zu kolonisieren streben, und die ganze moderne Akklimatisationsfrage des Menschen faßt sich deshalb praktisch zusammen in eine Untersuchung der Frage, inwieweit sich die Europäer in tropischen Gebieten zu akklimatisieren vermögen.

Es ist klar, daß die Akklimatisation im einzelnen Falle resultieren wird aus der Beschaffenheit des Ortes und aus der Beschaffenheit des Individuums oder der Rasse, als der Summe einer Anzahl gleichartiger Individuen, und daß unter diesen beiden Gesichtspunkten die ganze Akklimatisationsfrage hauptsächlich zu erörtern ist. Im Einzelnen betrachtet, ergiebt sich hierbei natürlich eine ganze Anzahl von berechenbaren oder zufälligen Kombinationen, sodaß man im Grunde genommen immer nur eng begrenzte geographische Bezirke im Auge haben darf, und es ebenso viele Akklimatisationsmöglichkeiten giebt, als verschiedene Orte und verschiedene Rassen auf der Erde vorhanden sind. Faktoren, welche für die Akklimatisationsfrage vorzugsweise in Betracht kommen, sind: die mittlere Jahrestemperatur, die zeitlichen Temperaturschwankungen, die Luftfeuchtigkeit, die litorale oder kontinentale Lage, die Höhenlage eines Ortes, die Bodenverhältnisse nach ihrer physikalischen Beschaffenheit sowohl als auch in ihrer mannigfachen Beziehung zur

Pflanzenwelt; andererseits die Rassendisposition, die individuelle Disposition, die kulturellen Verhältnisse eines Landes, die endemischen Krankheiten. Hirsch[6] macht einen Unterschied zwischen meteorischer und pathologischer Akklimatisation und versteht unter ersterer die Gewöhnung an die rein klimatischen Einflüsse eines Ortes, unter letzterer die Akkommodation an die daselbst herrschenden Krankheitsursachen.

1) **Max Rubner**, *Lehrb. d. Hyg.* 4. *Aufl. Wien, Deutike* 1892.
2) **A. de Quatrefages**, *L'acclimatation des races humaines, Rev. d. deux mondes, Paris* (1870).
3) **G. Treille**, *De l'acclimatation des Européens dans les pays chauds, Comptes rendus d. VI. Congrès internat. d'hygiène, Wien* (1888).
4) **Bertillon**, „*Acclimatement*", *Dict. encyclop. d. sc. méd. Paris* 1864.
5) **E. Rochard**, *Acclimatement. in d. Encyclopédie d'hygiène: Jul. Rochard* 1. *Bd. Paris* 1890.
6) **A. Hirsch**, „*Akklimatisation und Kolonisation*", *Verh. Berl. Anth. Gesellsch.* (1886) 156.
7) **van der Burg**, *To what extent are tropical altitudes adapted for settlement by Europeans? Transact. of the VII. int. Congr. f. Hyg. a. Demograph., London* 1891.

## 2. Die Akklimatisation des Menschen im allgemeinen.

Jacob Lind[1] (p. 2) schrieb vor 120 Jahren: „Leute, welche ihr Vaterland mit einem entfernten Klima verwechseln, können als solche angesehen werden, denen es gewissermaßen ebenso geht, wie denen in einen fremden Boden versetzten Pflanzen, als bei welchen die größte Aufsicht und Sorgfalt erfordert wird, sie gesund zu erhalten und zu ihrer neuen Gegend zu gewöhnen; indem in beiden, wenn sie also versetzt werden, einige Veränderung vorgehn muß." Es hat sich also den Beobachtern von jeher die Ueberzeugung aufgedrängt, daß die Gewöhnung an ein anderes Klima nicht anders als unter Eingehung bestimmter Veränderungen für den Menschen gedacht werden könne. Virchow[2] drückt sich darüber bestimmter aus, wenn er sich über die Anpassung an die „neuen Verhältnisse" äußert (p. 544): „Niemand hat sich das in ärztlichen Kreisen jemals anders vorgestellt, als daß eine solche Anpassung mit materiellen Veränderungen des Organismus verbunden sei, daß es sich nicht etwa bloß um eine Art Umkostümierung handelt, die äußerlich vollzogen wird, sondern daß eine innere Umwandlung, zum Teil ganz neue Organverhältnisse geschaffen werden müssen." In dem Bemühen, diesen Umwandlungsprozeß unter dem Einfluß des Klimas an Beispielen nachzuweisen, führt man die Neger der Vereinigten Staaten an, welche keine so hervorstehenden Backenknochen, keine so dicken Lippen, nicht so platte Nasen, so dichtes Wollhaar, so spitze Gesichtswinkel haben sollen, wie die Neger in Afrika (Bastian[3]); oder man verweist auf den amerikanischen Yankee, welcher bereits bei der zweiten Generation Züge des Indianertypus zeigen solle, indem sich das „Drüsensystem" auf ein Minimum reduziert, die Haut trocken wird, die Röte durch blasse Farbe sich ersetzt, der Kopf kleiner, rund und etwas spitzig wird, die Schlafengruben tiefer, die Kinnbacken massiver werden, die Augen tiefer in die Höhlen zurücktreten, die Iris dunkel wird, die Knochen sich verlängern, die Nagel lang und spitz werden (Pruner Bey cit. bei Bastian[3]). Aber auf der anderen Seite ist hervorzuheben, daß die Juden und die Chinesen, anerkanntermaßen die beiden akklimatisationstüchtigsten Rassen der Erde, nennenswerte physiognomische Veränderungen nicht einzugehen pflegen, und daß solche wiederum durch reine Zufälligkeiten, wie

die Tracht von Haar und Bart, die Art der Kleidungsstücke nur zu leicht vorgetäuscht werden können. Jedenfalls treten die äußerlich wahrnehmbaren Umwandelungen, welche der Mensch unter dem Einflusse eines anderen Klimas erfährt, nicht in sehr auffallendem Maße hervor, wenngleich ihr Zustandekommen unter der Voraussetzung langer Zeiträume nicht bezweifelt werden kann.

In der Pflanzen- und Tierwelt begegnen wir weit zahlreicheren Akklimatisationsvorgängen als bei dem Menschen. Hafer und Gerste gedeihen in Schweden noch bis zum 70° bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 0°, der Weizen in Sibirien sogar bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von —6° bis zum 60°; beide Pflanzen finden sich wiederum südlich in Sicilien und Aegypten; die Kartoffel ist in Peru, Chile, auf den Antillen und auch auf Island angebaut (Bertillon[4]); unser Weinstock gelangte von Arabien und Syrien zu uns; die von Madeira nach den Antillen verpflanzte Rebe geht daselbst gut fort. Die Birke wird noch am Nordkap angetroffen; sie ist zur Kriechpflanze verkümmert und hat kleinere Blätter angenommen; auch belaubt sie sich bei niedrigeren Temperaturen, als die Birke bei uns, und hat zu allen weiteren Entwickelungsstadien weniger Licht und weniger Wärme nötig. Die nach Madeira eingeführten Buchen entblättern sich umgekehrt bei Temperaturen, welche unsere Buche noch in vollem Laubschmuck treffen (Drude cit. bei Bastian[3]). Andere Pflanzen zeigen sich wiederum nicht akklimatisationsfähig; unsere Obstbäume gedeihen nicht in den Tropen, umgekehrt die tropische Palme nicht bei uns; andere tropische Pflanzen, wie Ricinus, Heliotrop, führen bei uns nur ein verkümmertes Dasein (Bertillon[4]). Beispiele für die Akklimatisationsfähigkeit der Tiere haben wir an unseren Haustieren, unter welchen das Schwein und der Hund an erster Stelle stehen; es giebt keine Gegend der Welt, in welchen diese Tiere als Haustiere sich nicht bewährt hätten; fast das Gleiche gilt von Ziegen, Pferden, Schafen, Rindern, Katzen. Von anderen Tieren sind Mäuse, Ratten, Hasen, Kaninchen, Mücken Kosmopoliten ersten Ranges (Bertillon[4]). Langhaarige und wollige Tiere — z. B. die von Europa nach Indien übergeführten Schafe bereits in der dritten Generation (Bordier[5]) — verlieren in den Tropen häufig ihre dichte Bedeckung, andererseits werden die kurzhaarigen Tiere der Tropen in den gemäßigten Klimaten langhaarig. Australische Vögel (schwarzer Schwan) verlegen bei uns ihre Brutzeit, entsprechend unserem Klima, um 6 Monate.

Auch die Umwandlungen des Organismus bei Tier und Pflanze erfolgen nicht mit einem Male, sondern sehr allmählich, im Verlaufe mehrerer Generationen, wie u. a. der Versuch des Abtes Tessier zeigt, der Wintergetreide im Frühjahr zur Aussaat brachte, jedoch erst bei der dritten Generation eine normale Ernte erzielte (Quatrefages[6]).

Ja, die Akklimatisation kann sich nur innerhalb größerer Zeiträume vollziehen „parce qu'il faut beaucoup de générations et que pour chacune les modifications organiques se font très lentement" (Bordier[5] p. 137); und wiederum setzt jede Akklimatisation bei dem Organismus die Fähigkeit, sich zu verändern, voraus; jene könnte nicht zustande kommen, wenn diese nicht vorhanden wäre: „c'est précisément parce que l'organisme peut se transformer, qu'il s'acclimatera, et s'il ne pouvait être assez souple pour se transformer, il ne s'acclimaterait pas" (Bordier[5] p. 131).

Ein ähnliches Verhältnis wird auch bei dem Menschen stattfinden; das Individuum wird bestimmte, geringere oder größere Abweichungen acquirieren und diese durch Vererbung auf die Nachkommen übertragen, und so wird sich allmählich die Akklimatisation der Rasse vollziehen können; auch wird bei der Akklimatisation der Rasse den Vorgängen der Selektion eine wichtige Rolle zufallen, indem die für das Klima besonders tauglichen Individuen sich vorzugsweise fortpflanzen und einen akklimatisationstüchtigen Rassenstock abgeben; der Umwandlungsprozeß des Organismus wird bei anderen nicht ohne mannigfache Störungen von statten gehen, welche sich als Krankheit oder auch als bloße Indisposition (Virchow[2]) äußern können; ein gewisser Teil der Individuen wird also während des Akklimatisationsvorganges zu Grunde gehen; nur ein anderer, oftmals kleinerer Teil wird akklimatisiert werden. So werden die drei Lebenserscheinungen der Transformation, der Vererbung und der Selektion den Akklimatisationsvorgang vorzugsweise beherrschen.

Wann ist der Akklimatisationsprozeß beendigt? Wann ist man als akklimatisiert zu betrachten? Das einzelne Individuum dann, wenn es in der neuen Heimat im Vollbesitz und in der vollen Ausübung seiner körperlichen und geistigen Kräfte zu leben vermag; die Akklimatisation der Rasse kann erst als vollzogen gelten, wenn diese sich ohne neue Zuschübe oder Hilfsmittel von seiten der alten Heimat dauernd erhält, d. h. wenn unter dieser Voraussetzung die Zahl der Geburten die der Todesfälle erreicht oder übertrifft. Von E. Rochard[7] und anderen ist noch die Forderung aufgestellt worden, daß die Individuen der Rasse ohne fremde Hilfsmittel, also selbstständig den Boden bebauen, welcher sie ernährt. Demgegenüber läßt van der Burg besondere, von den an die Eingeborenen zu stellenden Anforderungen abweichende Bedingungen zu. Auch mir scheint es für die Akklimatisation der „weißen" Rasse ziemlich bedeutungslos zu sein, ob man z. B. in den Tropen zur Bestellung des Ackers sich fremder (farbiger) Hilfskräfte bedient oder nicht, sofern nur auf die dauernde Erhaltung dieser Hilfsmitttel weise Bedacht genommen wird. Das wesentlichste Kriterium der erfolgten Akklimatisation ist die Erhaltung der Rasse über eine unbegrenzte Generationsfolge hinaus, d. i. das fortdauernde Ueberwiegen der Geburtsfälle über die Sterbefälle. Hierbei ergiebt sich nun allerdings eine große Schwierigkeit. Wir können den Nachweis einer Generationsfolge, ebenso erst recht die Feststellung des Verhältnisses zwischen Geburts- und Sterbefällen schlechterdings nur an der Hand einer sorgfältigen Statistik bringen, d. i. wir können zu dem Beweise, daß eine Akklimatisation irgendwo erfolgt sei, der genauesten Statistik nicht entbehren. Ist es nun schon in jedem Falle mißlich, eine Wahrheit auf statistischem Wege ergründen zu wollen, so kommen für unseren speziellen Fall noch besondere Bedenken in Betracht: 1) In den wenigsten derjenigen Länder, nach welchen sich die europäische Auswanderung hingelenkt hat, existiert eine allgemeine Statistik. 2) Wo eine solche existiert, bezieht sie sich vorzugsweise auf militärische Verhältnisse und ist dann für die Akklimatisationsfrage wenig brauchbar, weil der zu einem vorübergehenden Aufenthalte übergesiedelte Soldat unter ganz besonderen Bedingungen (männlich, der persönlichen Disposition in seinem Handeln beraubt, kaserniert, meist unverheiratet, im jugendlichen Alter) lebt und im Falle ernster Gesundheitsstörungen abgelöst wird. 3) Ueberall, wo kolo-

nisatorische Unternehmungen der „weißen“ Rasse stattgefunden haben, sind massenhafte Mischungen mit der Eingeborenenrasse oder mit anderen farbigen Rassen die Folge gewesen; so zwar, daß nach der übereinstimmenden Ansicht aller kompetenten Beurteiler weder in Ost- noch in Westindien unvermischte europäische Familien über die dritte Generation hinaus angetroffen zu werden pflegen, andererseits überall eine sehr große Anzahl von Individuen als „weiß“ gebucht wird, welche in Wirklichkeit das Produkt beliebiger Kreuzungen ist. Liefert uns die Statistik somit nur wenig Anhaltspunkte für die Erkennung der Akklimatisationsvorgänge, so bleibt uns nur übrig, Punkt für Punkt die verschiedenen geographischen Bezirke der Erde und das Verhalten der verschiedenen Menschenrassen auf denselben kennen zu lernen, um uns dann oftmals auch nur mit ungefähren Schlüssen über die Akklimatisationsbedingungen größerer Gebiete zu begnügen.

1) **J. Lind**, *Krankheiten der Europäer in heifsen Klimaten* (*aus dem Englischen*), *Leipzig* 1773.
2) **R. Virchow**, „*Ueber Akklimatisation*“, *Verh. d Vers. d. Naturf. und Aerzte in Strafsburg* 1885.
3) **Bastian**, *Klima und Akklimatisation nach ethnischen Gesichtspunkten*, *Berlin* 1889.
4) **Bertillon**, „*Acclimatement*“ *Dict. encyclop. d. sc. méd.*, *Paris* 1864.
5) **A. Bordier**, „*L'acclimatation*“, *Revue mensuelle de l'école d'anthropologie de Paris*, *Félix Alcan*, *Paris* (1891).
6) **A. de Quatrefages**, *L'acclimatation des Races humaines*, *Rev d. deux mondes*, *Paris* (1870).
7) **E. Rochard**, *Acclimatement*, *in d. Encyclopédie*, *d'hygiène: Jul. Rochard* 1. *Bd. Paris* 1890.

## 3. Anpassung an kältere Klimate.

Vitruv (cit. in Boudin[1]) schrieb vor 2000 Jahren: „quae a frigidis regionibus corpora traducuntur in calidas, non possunt durare; quae autem ex calidis locis sub septentrionum regiones frigidas, non modo non laborant immutatione loci valetudinibus, sed etiam confirmantur“. Dieser Satz, in welchem die günstigeren Akklimatisationsbedingungen der kälteren Gegenden hervorgehoben werden, hat bis auf den heutigen Tag seine Geltung behalten; alle Beobachtungen sprechen dafür, daß es dem Menschen leichter wird, sich an ein kälteres, als an ein wärmeres Klima zu gewöhnen. Gegen die Kälte kann man sich leichter schützen, als gegen die Wärme; sie übt einen wohlthätigen Einfluß auf den Organismus, tonifiziert ihn und trägt so, wie sich de Quatrefages[2] ausdrückt, ihr Heilmittel gewissermaßen in sich. In unseren Menagerien erhalten sich die Tiere der Tropen (Löwe, Tiger) besser, als diejenigen des Nordens (Eisbär); die meisten Pflanzen sind aus dem Süden zu uns gelangt. Wir sehen die farbigen Mannschaften (Indier, Neger) auf unseren Schiffen eine beliebige Anzahl von Reisen mitten aus den Tropen in unsere Winterkälte hinein ausführen; überall in unseren Hauptstädten leben in den verschiedensten Beschäftigungen zu uns verschlagene Neger; ganze Trupps tropischer Völkerschaften durchziehen den europäischen Kontinent mit ihren Schaustellungen. Die während des letzten deutsch-französischen Krieges zur Verwendung gelangten eingeborenen afrikanischen Truppen haben dem rauhen Klima Deutschlands vortrefflich Widerstand geleistet, indem unter ihnen nur verhältnismäßig geringe Erkrankungen vorkamen (Bertheraud[3]). Auf Spitzbergen sollen Krankheiten unter den dort gelegentlich überwinternden Nordpolfahrern kaum vorkommen. Die Negerrasse hat sich in den Vereinigten Staaten unter guten sozialen Verhältnissen sehr

akklimatisationsfähig gezeigt. Die blühende Bevölkerung Unterkanadas*) ist zu 85 Proz. französischer Abkunft.

Manche Autoren, so Felkin[4], behaupten deshalb schlechtweg, daß sich die Tropenbewohner ganz im allgemeinen leichter für den Norden, als umgekehrt die Bewohner der gemäßigten Klimate für die Tropen akklimatisieren; und die Société d'anthropologie in Paris formulierte Ende der sechziger Jahre folgenden (Bertillon'schen) Satz: „une migration rapide ne peut constituer une colonie durable et prospère que n'elle a lieu sur la même bande isotherme ou un peu au nord de cette bande" (de Quatrefages[2] p. 596).

1) **Boudin**, *Recherches sur l'acclimatement des races humaines sur divers points du globe, Ann. d'hyg. Paris* (1860) 2. *Ser.* 13. *Bd.* 310—341.
2) **A. de Quatrefages**, *L'acclimatation des Races humaines. Rev. d. deux mondes. Paris* (1870).
3) **Bertheraud**, *Les Arabes en Allemagne pendant la guerre* 1870/71, *Gaz méd. de l'Algérie, cit. in V.-H. Jahresb.* (1882) 1. *Bd.* 379.
4) **R. W. Felkin**, *Tropical highlands: their suitability for European settlement, in Transact. of the VII. int. Congr. of Hyg. and Demograph., London* 1891.

## 4. Anpassung an wärmere Klimate.

### a) *Die besonderen Eigentümlichkeiten des Tropenklimas; physiologische Veränderungen des Organismus.*

Die Einwirkungen der Hitze sind von dem Organismus weniger leicht zu überwinden; es bildet daher die Uebersiedelung von kälteren nach wärmeren Gegenden den Hauptgegenstand der Akklimatisationsfrage. Je weiter nach dem Aequator hin, um so schwieriger der Akklimatisationsprozeß. Das Tropenklima stellt die höchsten Anforderungen an die Akklimatisationsfähigkeit des Menschen.

Wodurch unterscheidet sich das Tropenklima von demjenigen unserer gemäßigten Breiten? Durch eine höhere durchschnittliche Jahrestemperatur (22—28 ° C.), durch nur geringe Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Abschnitten des Jahres und zwischen Tagen und Nächten, durch den relativ geringeren Sauerstoffgehalt der Luft, bewirkt durch die Expansion, welche die Luft durch die Hitze erfährt**). Dazu begegnen wir in den meisten tropischen Gegenden einer größeren Niederschlagsmenge, als bei uns, einer größeren Luftfeuchtigkeit und einer größeren Spannung des Wasserdampfes der Luft.

Praktisch macht man einen Unterschied zwischen trockenen und feucht-heißen Klimaten. Eine alte Erfahrung lehrt, daß die ersteren die klimatisch günstigeren sind; die feucht-heißen Gegenden sind die eigentlichen Feinde der Akklimatisation, nicht allein infolge der für den Organismus ungünstigen meteorologischen Faktoren, indem durch die größere Luftfeuchtigkeit die Vorgänge der Respiration und der Hautperspiration erschwert werden, sondern vorzugsweise wegen der endemischen Infektionskrankheiten (Malaria, Dysenterie, Gelbfieber etc.), welche sie erzeugen und welche unter den Kolonisten aller Zeiten und aller Länder so mörderische Verheerungen angerichtet haben. Der Einfluß der Infektionskrankheiten der Tropen, besonders

*) 1608 wurde Quebeck von den Franzosen gegründet.
**) Nach Moore[1] ergeben 1000 Kubikfufs Luft, von 62 ° F. auf 82 ° F. erwärmt, 1038 Kubikfufs.

der am meisten verbreiteten Malaria, auf den Akklimatisationsprozeß ist allerorts ein so dominierender, daß zahlreiche Autoren keinen Anstand nehmen, demselben überhaupt eine ausschließliche Bedeutung zuzuerkennen.

So Dutroulau[2] (p. 118): „S'il n'avait toutefois à redouter que les aggressions de la météorologie dans la plupart des régions chaudes, le combat serait peu pénible. Interrogez ceux qui ont vécu sous le ciel privilégié des îles de l'Océanie, ils n'ont que des merveilles à vous raconter des douceurs et des agréments de ce climat. Pourquoi? Parcequ'ils n'ont pas eu à se préoccuper de leur santé"; so Rochard (cit. in Treille[3] p. 6): „Les pays chauds ne sont pas rebelles à l'acclimatement des populations européennes par le fait de leur température, mais par l'insalubrité de leur sol".

Sehen wir nun zu, was sich ereignet, wenn ein Europäer nach einer Gegend des tropischen Gürtels übersiedelt, welche zu den gesünderen gehört, wie z. B. Queensland oder Fidji; bliebe er also zunächst frei von infektiösen Einflüssen, so müßte sich doch an ihm diejenige Beeinflussung des Organismus geltend machen, welche dem meteorischen Anteil des Begriffes Klima zufällt. Der französische Arzt Jousset[4] hat wohl als der erste die physiologischen Veränderungen, welche der Europäer dann unter den Tropen erfährt, zu präzisieren versucht; nach seinen Untersuchungen (vom Jahre 1840) ergab sich für den Europäer: eine erhöhte Respirationsfrequenz von 23 für die Minute, eine verminderte Lungenkapacität (3800 statt 4500), ein frequenter Puls, und zwar zu Beginn des Aufenthaltes mit hoher Welle, später entschieden niedrig („indices de faiblesse"), eine um 1—2° erhöhte Körpertemperatur, eine verminderte tägliche Urinmenge (760 ccm), vermehrte Schweißabsonderung, erhöhte Leberthätigkeit mit reichlicher Gallenproduktion, geschwächte Magen- und Darmfunktionen; das Endresultat sei die Anämie, eine genuine, für die Tropen physiologische Anämie, welche hervorgerufen werde durch eine ungenügende Regeneration des Blutes, die Verluste durch Schweiß und das geringe Quantum des aus der Luft absorbierten Sauerstoffes. Dieser Darstellung haben sich andere französische Autoren*) mit geringen Abweichungen angeschlossen. Auch Treille[3] spricht von einer „hyperthermie normale de l'Européen transporté sous les tropiques", wenngleich er eine durchschnittliche Temperaturerhöhung von nur 0,7° C. annimmt; dieser höhere Wärmegrad soll auch dem Urin zukommen. Nur Rattray[5] gelangte zu ganz abweichenden Resultaten. Dieser fand im Gegensatz zu den vorigen die Körpertemperatur herabgesetzt (sein Mittel ist 36,6° C.), Puls und Atmungsfrequenz verringert (letztere 13 in der Minute); für die Lungenkapacität verzeichnete er gesteigerte Werte**). Die englischen Autoren, so Sir William Moore[1], sprechen ebenfalls von einer Verlangsamung der Respiration unter dem Einfluß der Tropen. Zu dem gleichen Ergebnis gelangte ich selbst[24] auf Grund der Zusammenstellung der Angaben, welche einer Anzahl ärztlicher Berichte aus verschiedenen

*) Den Franzosen gebührt ohne Zweifel das Verdienst, die wissenschaftliche Untersuchung über die Vorgänge der Akklimatisation am eifrigsten betrieben zu haben.

**) Er fand die Lungenkapacität in den Tropen gegen die durchschnittl. Kapacität in mittleren Breiten um 12,24 Proz. gesteigert; je näher nach dem Aequator zu, um so mehr wachse die Lungenkapacität an, und umgekehrt.

Tropengegenden entnommen waren (Fragebogen-Enquête der Deutschen Kolonialgesellschaft); auch die in diesen Berichten enthaltenen Angaben über Pulsfrequenz und Körpertemperatur decken sich mit denjenigen Rattray's. Nur Neuhauss[6] nähert sich der Jousset-Treilleschen Angabe über die erhöhte Körpertemperatur einigermaßen, indem er aus den an sich selbst angestellten Messungen Werte erhielt, welche ihn eine geringe Zunahme der Körpertemperatur um ca. 0,3 ° C. innerhalb der Tropenzone annehmen lassen. Doch sind auch bei Neuhauss die durchschnittlichen Werte (in ano gemessen) mehrerer Tage niemals über 37,5 hinausgegangen, was einer Achsenhöhlentemperatur von ebenfalls nur 36,9 entsprechen würde*).

Es stimmen demnach sämtliche Autoren nur in der Annahme einer unter dem Einflusse der Tropen verringerten Urinmenge und einer gesteigerten Haut- (Schweiß) und Leberthätigkeit überein, während die Angaben in Bezug auf das Verhalten von Puls, Atmung und Körpertemperatur mehrfach auseinandergehen.

Den bisher angeführten Angaben reihen sich sodann wertvolle Untersuchungen von Lehmann[7] über die Chlorausscheidung und von Glogner[8] über die Stickstoffausscheidung durch den Harn bei den Europäern der Tropen an; ersterer fand die Chlorausscheidung in den Tropen unverändert (15,6 g in 24 Stunden); letzterer konstatierte eine Herabsetzung der Stickstoffausscheidung im Urin, welche der Dauer des Aufenthaltes in den Tropen parallel lief; zur Erklärung dieses Verhältnisses wird ein unter dem Einflusse der hohen Lufttemperatur zustande kommender Defekt der Eiweißresorption des Darmes angenommen, wodurch auch die Neigung der Europäer zu Darmkatarrhen und zu Leberaffektionen einigermaßen verständlich erscheine (Glogner[8]). Dundas[9] macht auf eine Art Akklimatisationsatrophie der Niere aufmerksam, welche er bei Personen fand, welche lange Jahre in den Tropen gelebt hatten; die Kortikalsubstanz war blasser und atrophiert; die Tubularsubstanz war dunkler und trat deutlicher hervor. Diese Angabe steht vereinzelt da und bedarf noch der weiteren Bestätigung. Das Gleiche gilt von der Angabe Martin's[10], daß eine idiopathische Herzhypertrophie des linken „Herzens", hervorgehend aus einer erhöhten Leistung dieses Organs, bei den Europäern der Tropen häufig angetroffen werde.

Alle Beobachtungen zeigen, daß die Fruchtbarkeit der Europäer in den Tropen abnimmt, daß dieselbe nicht über die vierte Generation hinausgeht. Der Grund dafür wird in den häufigen Genitalerkrankungen der Frauen gesucht; die Zeugungskraft der Männer scheint eher eine Steigerung als eine Abnahme zu erfahren.

Es bleibt übrig, der Beeinflussung auch der geistigen Sphäre des Menschen durch das Tropenklima zu gedenken. Man begegnet unter den Europäern in den Tropen häufiger Zuständen von geistiger Erschlaffung, Gedächtnisschwäche, nervöser Reizbarkeit und Schlaflosigkeit. Wenn aber Helfft[11] in seiner Abhandlung über die Akklimatisation erklärt, „der Europäer in den Tropen wird uns nie Werke geistiger Produktivität, wie wir sie in den gemäßigten Zonen antreffen, liefern", so ist das doch heutzutage nicht mehr zutreffend; wir brauchen uns

*) Da sich nach Neuhauss' eigener Angabe die Werte für die Achselhöhlentemperatur um 0,6 ° C. reduzieren.

nur den großen Kulturaufschwung, der sich in den alten tropischen Ländern China, Japan, Indien, Australien etc. überall vollzogen hat, zu vergegenwärtigen, um die geistige Rührigkeit der weißen Rasse auch hier herauszuerkennen. Sehen wir doch auch fort und fort die Tropenreisenden aller europäischen Nationen inmitten unsäglicher Strapazen und Entbehrungen ihren wissenschaftlichen Beobachtungen nachgehen und die Vorarbeiten zu ihren interessanten und geistvollen Reisebüchern machen. Zu jeder geistigen Anspannung in den Tropen bedarf es freilich einer besonderen Energie, über welche nicht alle Europäer verfügen. Auch muß berücksichtigt werden, ein wie großer Prozentsatz der Europäer in den Tropen durch häufige Erkrankungen, durch die fortwährende Berührung mit körperlichen Strapazen und Entbehrungen oder durch unmäßigen Alkoholgenuß vorübergehend oder dauernd lahmgelegt und geistig abgestumpft wird. Nur unter solchen Voraussetzungen wird eine selbst durch Energie nicht zu überwindende Erschlaffung der geistigen Produktivität eintreten.

In welcher Weise sind nun die physiologischen Eigentümlichkeiten des Europäers in den Tropen durch das veränderte Klima zu erklären? Was veranlaßt den Organismus, in den Tropen bestimmte funktionelle Veränderungen einzugehen? Wir müssen dabei wohl die Einwirkung verschiedener klimatischer Faktoren kombinieren; die größte Bedeutung kommt zu der hohen Lufttemperatur, der größeren Luftfeuchtigkeit, bezw. auch der größeren Spannung des Wasserdampfes der Luft, dem relativ verminderten Sauerstoffgehalt und dem relativ vermehrten Ozongehalt der Luft. Ueber die Einwirkung des letzteren Faktors wissen wir freilich garnichts Bestimmtes, wenn wir nicht die von Falk[12] hervorgehobene Thatsache damit erklären wollen, daß pyämisch-septische Fieber den Tropen fast gänzlich fremd sind. Die Hitze als solche, besonders das Fehlen der Temperaturgegensätze von Sommer und Winter, vom Tage zur Nacht, übt einen direkten depressiven Einfluß auf das Nervensystem aus; verspüren wir doch auch bei uns an heißen Sommertagen*) Schlaffheit und Trägheit. Durch die konstante Einwirkung der Hitze auf die Haut wird die Schweißproduktion angeregt (Overbeck de Meyer[14]); die Haut wird aber auch zugleich empfindlich, und der Europäer in den Tropen ist schon bei geringen Abkühlungen zu Erkältungen geneigt.

Der geringere Sauerstoffgehalt der Tropenluft hat zur Folge, daß mit dem gleichen Luftquantum weniger Sauerstoff eingeatmet wird und im Ganzen also auch weniger Sauerstoff in das Körpersystem hineingelangt; das verursacht wiederum den fettigen Zerfall einer Anzahl von roten Blutkörperchen, und der fortdauernde Verlust derselben bewirkt Anämie (Moore[1]). Eine wesentlich abweichende Erklärung der physiologischen Veränderungen giebt Treille[3], der die größere Spannung des atmosphärischen Wasserdampfes vor allem betont: „l'influence dominante dans les pays chauds c'est la tension de la vapeur d'eau atmosphérique“ (p. 27). Seine Deduktion ist die folgende: Der prozentuale Gehalt der Luft an Wasserdampf und die Spannung des Wasserdampfes sind zwei grundverschiedene Dinge; am Senegal betrug die Sättigung der Atmosphäre mit Wasser-

*) Stockvis[13] macht sich die Erklärung leicht, wenn er sagt, der Europäer werde nach längerem Aufenthalt in den Tropen zum „permanenten Sommermensch“.

dampf 90 Proz., sowohl im März als im Juni; die Wasserdampfspannung dagegen war das eine Mal 13,69 mm, das andere Mal 21,40 mm. Jede Wasserdampfspannung ist aber einer Erniedrigung des barometrischen Druckwertes gleichzusetzen, d. h. der Grad der Wasserdampfspannung in Millimetern ist von dem Barometerstand in Abzug zu bringen; wenn man also am Senegal einen mittleren jährlichen Luftdruck von 757,7 mm beobachtete, gleichzeitig aber eine mittlere Spannung der Luftfeuchtigkeit von 19,7 mm, so ist der wahre Luftdruck der trockenen Luft nur mit 738 mm zu veranschlagen gewesen. Der Mensch befindet sich also unter solchen Verhältnissen gegenüber einem ungenügenden Luftdruck. Dadurch ist aber nicht nur die Aufnahme des O. aus der Luft erschwert (Luftdruckerniedrigung), sondern zugleich die Abgabe des Wasserdampfes von seiten der Lungen und von seiten der Haut behindert (vergrößerte Wasserdampfspannung); daher die Schweiße, als die Folge einer ungenügenden Hautperspiration, daher die (von anderen nicht bestätigte) Beschleunigung der Atmung, als Zeichen der ungenügenden O.-Versorgung,[1] des O.-Hungers des Blutes unter dem Einflusse des verringerten barometrischen Druckes. Aus der unzureichenden Abgabe des Wasserdampfes der Atmungsluft bei der Ausatmung folgert Treille[3] dann wiederum eine Vermehrung der Blutflüssigkeit, des Blutvolumens („c'est là une vérité absolue, inattaquable“); wir haben dann also ein vermehrtes Blutserumquantum bei gleichbleibender Zahl der korpuskulären Blutelemente, d. i. relative Anämie. Die gesteigerte Funktion der Leberthätigkeit erklärt derselbe Autor durch die infolge des gesteigerten Durstes vermehrte Aufnahme großer, das 2—3-fache der gewohnten betragenden Füssigkeitsmengen.

Die Gegenden oder die Jahreszeiten mit trockener Luft werden nach dieser Auseinandersetzung die günstigeren sein, weil hier eine geringere Spannung des Wasserdampfes stattfindet, die feucht-heißen Gegenden die ungesundesten.

Daß die Urinsekretion in den Tropen vermindert ist, erklärt sich in selbstverständlicher Weise aus der gesteigerten Schweißproduktion.

Ein viel umstrittener Punkt ist von jeher die sogenannte „Tropenanämie“ gewesen. Man hat seit langem beobachtet, daß die Menschen unter dem Einflusse der Tropen blaß werden; und in einer großen Reihe von Fällen, in allen denjenigen, in welchen tropische Krankheiten, besonders die auf die Zerstörung der roten Blutelemente so sicher wirkende Malaria, mitgespielt haben, ist an einer typischen Anämie nicht zu zweifeln. Sind solche Individuen gleichzeitig eingebräunt, so resultiert daraus ein grau-gelbliches, fahles Kolorit. Andererseits begegnen wir aber in den Tropen einer ebenso großen Anzahl trefflich aussehender, sonnenverbrannter Individuen, bei welchen die Zumutung, sie seien anämisch, geradezu beleidigend wäre; daraus allein ist schon mit Sicherheit zu folgern, daß die Tropenanämie nicht zu den physiologischen Notwendigkeiten des Tropeneuropäers gehört. Die mikroskopische Untersuchung hat zwar hier und da eine Verringerung der roten Blutelemente bei sonst anscheinend gesunden Menschen ergeben, aber die darüber vorliegenden Untersuchungen sind so spärlich, daß sie als Beweis noch nicht erachtet werden können. Andererseits machen sich neuerdings

gewichtige Stimmen bemerkbar, welche die physiologische Tropenanämie ganz entschieden in Abrede stellen; so Marestang[15], der bei seinen Untersuchungen an Europäern, die 2—20 Jahre in Tahiti, Guadeloupe und Neucaledonien gelebt hatten, einen vollkommen normalen Hämoglobingehalt und eine ebenso normale Anzahl von Blutelementen konstatierte; so Plehn[16], welcher das Gleiche bei Europäern, die einen 5—23-jährigen Aufenthalt in gesunden Tropengegenden (Singapore und Centraljava) hinter sich hatten, feststellen konnte. Trotzdem hatten einzelne der untersuchten Personen ein blasses Kolorit, das in Wirklichkeit aber nur der Ausdruck einer Beeinflussung der Hautpigmentierung durch „abnorme Sekretions- und Belichtungsverhältnisse“ war; besonders in Bezug auf die Frauen wird von Plehn[16], Gärtner[17] u. a. auf die Analogie mit den Heizern auf Dampfschiffen, den Schiffsköchen und den Gefangenen hingewiesen, welche ebenfalls wenig dem Sonnenlichte ausgesetzt und deshalb blaß sind. So wie diese, so vermeiden auch manche Tropenbewohner, besonders die Frauen, mit einer gewissen Aengstlichkeit die direkte Einwirkung der Sonne, welche die Haut in lästiger Weise reizt; Pflanzer, Jäger, Matrosen sind dagegen intensiv gebräunt.

Stockvis[18] glaubt zur Erklärung dieser Pseudoanämie einen besonderen Zustand des vasomotorischen Systems annehmen zu sollen, bei welchem infolge der Hitze der größere Teil des Blutes im Körperinnern angehäuft werde; eine antagonistische Hyperämie der Baucheingeweide wird auch von van der Scheer[19] zur Erklärung dieses Verhältnisses herangezogen.

So sehen wir also, daß die Physiologie des Tropenbewohners sich noch auf schwachen Füßen bewegt; wir begegnen allenthalben nicht bloß Widersprüchen in den Erklärungsversuchen der Thatsachen, sondern sogar Widersprüchen in der Konstatierung der Thatsachen selbst.

Unter diesen Umständen dürfte sich die Hoffnung Below's[20], die Gesetzmäßigkeit der Veränderungen des Organismus unter den Tropen als „meteorologisch-physiologisches Gesetz der äquatorialen Selbstregulierung des Organismus“ festzustellen, wohl nicht so bald verwirklichen lassen. Daß die zu dieser Aufgabe allein berufenen Tropenärzte unter äußerst schwierigen Untersuchungsverhältnissen zu leiden haben, wird allgemein anerkannt.

Ziehen wir aber das Facit aus den bisher erkannten physiologischen Veränderungen des Organismus in den Tropen, so erscheint uns dasselbe nicht so aussichtslos, daß wir allein daraufhin die Lebensfähigkeit des Europäers in den Tropen in Frage stellen müßten. Die Veränderungen des Organismus sind eben nichts weiter als physiologische Eigentümlichkeiten, für welche der sonst gesunde Organismus die geeigneten Regulationsvorrichtungen in sich selbst tragen dürfte.

Wir haben jedoch bis jetzt die andere wichtige Seite des Tropenklimas unberücksichtigt gelassen, die „tropisch-infektiösen Verhältnisse“ (Stockvis[13]), die Beeinflussung des Akklimatisationsvorganges durch pathologische Ereignisse.

b) *Endemische Krankheiten und pathologische Beeinflussung des Organismus.*

Ohne in einen zahlenmäßigen Beweis der Häufigkeit der Erkrankungen der Tropen-Europäer eintreten zu wollen, kann man ohne Uebertreibung behaupten, daß in den für die Kolonisation hauptsächlich geeigneten heiß-feuchten Gegenden der Tropen die große Mehrzahl aller Europäer über kurz oder lang den Einflüssen bestimmter endemischer Krankheiten verfällt, der Malaria, der Dysenterie oder dem Gelbfieber, je nach den vorherrschenden endemischen Agentien des jeweiligen Aufenthaltes.

Das hat auch zahlreiche Autoren veranlaßt, den Akklimatisationsprozeß für wesentlich abhängig zu erklären von dem Grade der Widerstandsfähigkeit, welche ein Individuum oder eine Rasse den endemischen Krankheitseinflüssen gegenüber an den Tag legt; so Dutroulau[2] (p. 113), „quand on parle d'acclimatement des Européens dans les pays chauds, c'est donc toujours d'acclimatement contre les maladies endémiques qu'il s'agit".

So unschuldig ist die Sache in Wirklichkeit nicht, daß man von dem sogenannten „Akklimatisationsfieber" als von einem ziemlich geringfügigen Vorgange sprechen könnte. Denn daß Fieber als der Ausdruck einer bloßen Ueberhitzung des Körpers, einer Aufspeicherung von unverbrauchten Wärmewerten in Erscheinung treten könne, wie Treille und Moore es anzunehmen geneigt sind, dürfte zunächst doch wohl eine Hypothese bleiben. Ich selbst habe mich von dem Vorkommen des „Akklimatisationsfiebers" auf Neu-Guinea nicht überzeugen können; auch die ersten, bald nach der Ankunft im Lande acquirierten Fieber der Ankömmlinge aus Europa waren typische oder nicht typische Malariafieber, jedenfalls fieberhafte Erkrankungen, mit Milztumor und der Neigung zu recidivieren, also Erkrankungen, welche wir nach der heutigen Gepflogenheit der Gruppe der Malariafieber zurechnen müssen.

Die wenigen Gebiete der Tropen, in denen Malariafieber überhaupt nicht oder doch nicht hervorragend herrschen, rufen eben auch keine Akklimatisationsfieber hervor*).

Daß individuelle und Rassendisposition, die hygienischen Zustände eines Landes und manche andere Verhältnisse den verderblichen Einfluß der Malaria auf die Akklimatisation sehr abschwächen können, ist richtig; die Malariafieber können bei einzelnen Individuen fast einem bedeutungslosen Vorgange gleichkommen; aber andererseits vermindern diese Krankheiten fortwährend die Arbeits- und Leistungsfähigkeit einer ganzen Anzahl weniger widerstandsfähiger Individuen, sodaß die Rassenakklimatisation in jedem Falle durch sie außerordentlich erschwert wird, zumal nach dem Urteile aller Beobachter eine Akklimatisation für die Malaria niemals stattfindet und auch nicht stattfinden wird, es müßte denn sein, daß man die endemischen Agentien zu beseitigen vermöchte.

Die Bedeutung der Malariakrankheiten liegt auch nicht in der vorübergehenden Schädiguug, welche das davon gerade betroffene

*) Ich selbst hatte während eines 9wöchentlichen Aufenthaltes, welchen ich in Cooktown (Queensland) vor meiner Uebersiedelung nach Neu-Guinea zu nehmen genöthigt war, auch nicht die geringsten gesundheitlichen Störungen zu verzeichnen; auf Neu-Guinea angelangt, bekam ich bereits nach 14 Tagen einen, wenn auch leichten, Fieberanfall.

Individuum erfährt; die Gesamtwirkungen sind viel ernsterer Natur: die meist hervortretende Neigung zu häufigen Rückfällen, die nicht seltenen Anämien und Kachexien, welche zahlreiche Individuen immer wieder nach der alten europäischen Heimat zurückführen, die Unfruchtbarkeit der Frauen, die enorme Kindersterblichkeit*) (Martin[10]). Daß die europäischen Eltern ihre Kinder zur Erziehung nach Europa schicken, ist in den meisten Ländern zur gebieterischen Notwendigkeit geworden.

Bertillon[21] spricht von 4 gefährlichen Stadien (2 für die Ankömmlinge, 2 für deren Nachkommen), welche die eingewanderten Familien zu durchlaufen haben, bis die Akklimatisierung vollendet sei. Die 1. Periode sei charakterisiert durch die akuten Krankheiten, Malaria, Dysenterie, Hepatitis, unter dem Begriff aiguë zusammengefaßt; in der 2. Periode trete chronisches Siechtum hervor; die 3. Periode, wiederum aiguë des jugendlichen Nachwuchses, verursache eine verhältnismäßig große Sterblichkeit an Darmkatarrhen und Affektionen des centralen Nervensystems, der 4. Periode endlich gehöre das spätere Alter des jugendlichen Nachwuchses an, in der eine scheinbar erworbene Resistenz durch besondere Ereignisse, Krieg, schwere Epidemien etc. wieder verloren gehen könne. Erst wenn die Familie auch diese letzte Klippe glücklich umschifft habe und sich nunmehr die Zahl der Geburten größer gestalte, als diejenige der Sterbefälle, sei die Akklimatisierung besiegelt.

Ich weiß nicht, inwieweit die Bertillonsche Hypothese durch thatsächliche Beweise unterstützt wird. Es wäre immerhin ermutigend, wenn die endemisch-infektiösen Einflüsse bei einer 3. Generation etwa nicht mehr in gefährlicher Weise sich bemerkbar machten. Inbetreff der Malaria möchte ich um so skeptischer sein, als sich die Beobachtungen immer mehr häufen, nach welchen selbst die farbigen Landeseingeborenen weit entfernt davon sind, eine Immunität gegen diese Krankheit zu besitzen. Seitdem ich[22] unter 120 melanesischen Eingeborenen von Neu-Guinea und dem Bismarckarchipel bei 48 Proz. deutlich palpable, also bereits erhebliche Milztumoren konstatiert habe (darunter bei den Eingeborenen der jetzt wegen ungünstiger klimatischer Verhältnisse verlassenen Station Finschhafen, für sich betrachtet, 84 Proz.), ist mir der Glaube an die Akklimatisationsfähigkeit auch der Eingeborenen für die Malaria stark erschüttert; denn daß Individuen, welche eine derartige pathologische Abnormität aufweisen, selbst für ihre eigene Heimat als nicht akklimatisiert anzusehen sind, liegt doch auf der Hand, ist aber trotzdem ein höchst merkwürdiges Vorkommnis. Mähly[23] giebt an, daß im Jahre 1874 unter den Eingeborenentruppen von Niederl. Indien auf 1000 Köpfe 362 Malariakranke entfielen. Auch vermögen die Statistiken der Malariaänder, selbst der unter hoher Kultur stehenden, nicht den Erweis zu bringen, daß die Malaria im Laufe der Jahre in nennenswerter Weise zurückgeht, oder daß die Individuen ihr gegenüber widerstandsfähiger würden; manche Zahlen ergeben eher das Gegenteil. So citiert Helfft[11] eine Angabe von Tulloch, nach welcher in Ceylon unter den englischen Truppen starben:

---

*) „Die Unmöglichkeit, sich unter den Tropen zu akklimatisieren, beruht für die germanischen Nationen zuerst in der enormen Kindersterblichkeit infolge der Malaria" (Martin[10] p. 53).

| | | |
|---|---|---|
| ein Jahr Gediente | 14 | per 1000 |
| zwei Jahre Gediente | 48,7 | „ „ |
| mehr als zwei Jahre Gediente | 49,2 | „ „ |

Der Mauritius-Bericht[24] des Jahres 1888 konstatiert, daß die Malariaerkrankungen gegenüber den vorangangenen 18 Jahren keinen Rückgang erfahren haben. In Ambarawa (Java) bildet die Malaria auch gegenwärtig noch 90 Proz. aller Erkrankungen; in der Regentschaft Samarang erkrankten während einer Epidemie innerhalb der Monate Mai—Oktober 1889 50793 Personen = 17,6 Proz. der Gesamtbevölkerung an Malaria mit einer Mortalität von 9,7 Proz. der Erkrankten (Plehn[16]). Tand Jong Priok, „der auf Leichen gebaute“ Hafen von Batavia, gilt auch gegenwärtig noch für so ungesund, daß die Schiffspassagiere in Batavia zu übernachten pflegen.

Es ist demnach nicht recht verständlich, daß Stockvis[13] (p. 15) die Malaria zu den „vorherrschenden Infektionskrankheiten“ der Tropen nicht rechnen will.

Nun wird eine relative, individuelle Akklimatisation für die Malaria von manchen Beobachtern thatsächlich angenommen; Daubler[25] berichtet, daß in den Spitälern von Niederl. Indien die jungen europäischen Mannschaften 18,5 Proz., die 5—6 Jahre im Dienst befindlichen dagegen nur 7 Proz. Kranke stellen*); Martin[10] macht auf Sumatra denselben Unterschied zwischen „Neuangekommenen“ und „Akklimatisierten“, und das sowohl bei den Europäern, als auch bei den Chinesen; die erstere Kategorie erkrankte häufig und an schweren, perniciösen Fiebern; die „Akklimatisierten“ — Personen nach vierjährigem Aufenthalt — hätten die Disposition für schwere Malariaerkrankungen verloren; statt dessen erkrankten sie häufig an Tertian- und Quartanfiebern. Solche Angaben sind jedoch mit einiger Vorsicht zu verwerten; man darf zunächst annehmen, daß gerade in den ersten Jahren schon ein Teil der am wenigsten widerstandsfähigen Individuen absterben oder invalid werden wird, und daß die späteren Jahre das widerstandsfähigere Material enthalten; sodann steht es ja außer Zweifel, daß die Empfänglichkeit für die Malaria thatsächlich beim Betreten des Malariabodens am ausgesprochensten ist, daß viele gerade in der ersten Zeit erkranken, ohne daß sie dadurch für später eine größere Widerstandskraft, als die ihnen bereits innewohnende, erlangten; sie besaßen vielmehr von vornherein eine größere individuelle Widerstandsfähigkeit als andere, und erkrankten deshalb bloß einmal oder wenige Male.

Von der Mortalitätsstatistik in Bezug auf Malaria, Dysenterie und andere endemische Krankheiten wird weiter unten die Rede sein.

Die Dysenterie ist die stete Begleiterin der Malaria; wo die eine herrscht, macht sich auch die andere bemerkbar; es hat deshalb nicht an Stimmen gefehlt, welche gewisse Formen der Dysenterie lediglich als Emanationen der Malaria ansprechen wollen (de Santi[26]).

Gegenüber der Malaria scheint doch der große Unterschied begründet zu sein, daß durch geeignete Maßnahmen auf die Dysenterie mit Erfolg eingewirkt werden kann.

Lebererkrankungen, wenngleich zu einem Teil ebenfalls endemischen Einflüssen zugeschrieben, sind in den Tropen nicht so

*) Die soeben gemachten Angaben Tulloch's behaupten das Gegenteil.

häufig, daß dadurch die Akklimatisationsfrage wesentlich berührt werden könnte.

Gelbfieber herrscht endemisch nur noch in einigen Teilen Westindiens und Centralamerikas. Bemerkenswert ist jedoch die gerade dem Gelbfiebervirus gegenüber als feststehend zu betrachtende Thatsache, daß Europäer nach längerem Aufenthalte in einer Gelbfiebergegend gegen dasselbe gefestigt werden, daß aber bei dem Verlassen der Gegend schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit die erlangte Immunität wieder verloren geht. Nach Vernial's[27] Beobachtungen erlangt der Europäer auf dem Isthmus von Panama diese Immunität bereits nach dem 8. Monate seines Aufenthaltes; er unterscheide sich in Bezug auf die Empfänglichkeit für diese Krankheit jetzt nicht mehr von den Eingeborenen*). Bemerkenswert ist auch die Rassenimmunität des Afrikanegers gegen das Gelbfieber, und zwar eine Immunität, welche er nicht erst zu erwerben braucht, sondern welche er von Hause aus besitzt.

Der Cholera ist hier nur als einer häufigen, endemisch und epidemisch in den Tropen vorkommenden Krankheit zu gedenken; sie wird nur durch den Verkehr weiter verbreitet und gestattet deshalb einen relativ sicheren, individuellen Schutz; für die Akklimatisation kann die Cholera deshalb nur die Bedeutung eines zeitlichen Faktors haben. Außerdem findet die Ausbreitung der Cholera vorzugsweise unter der Eingeborenenbevölkerung statt, und hier verhält sie sich genau so, wie andere den Tropen nicht eigentümliche epidemische Krankheiten, wie Masern, Pocken etc., welche alle wohl nur aus dem Grunde eine so unerhörte Ausdehnung unter den Eingeborenen zu gewinnen pflegen, weil Desinfektion, Absperrungsmaßregeln, überhaupt die Befolgung der elementarsten hygienischen Regeln bei diesen unberücksichtigt bleiben; und nur dem zahlreichen Nachwuchs der Eingeborenenrassen ist es oftmals zuzuschreiben, daß sie dann nicht überhaupt von der Bildfläche verschwinden**).

Vorgeschrittene Kulturzustände werden die Cholera auch in denjenigen tropischen Ländern, in welchen sie jetzt endemisch herrscht, allmählich zurückdrängen.

Ob wir die gleiche Zuversicht auch in Bezug auf die Malariaerkrankungen hegen dürfen, ist zum mindesten zweifelhaft. Virchow[29] weist nicht mit Unrecht auf die Fruchtlosigkeit der Assanierungsbestrebungen in der römischen Campagna hin, welche doch im Vergleich zu tropischen Unternehmungen unter den denkbar günstigsten Umständen betrieben werden könnten. Der generelle Unterschied zwischen den beiden Krankheiten besteht eben darin, daß die eine von Mensch zu Mensch und durch das Dazuthun des Menschen verbreitet wird, die andere der Lokalität in noch nicht genügend erklärter Art anhaftet.

---

*) Derselbe Autor führt folgendes Beispiel seiner Beobachtung an: Ein Franzose, welcher 20 Jahre auf dem Isthmus in voller Gesundheit gelebt hatte, siedelte nach Frankreich über, woselbst er 2 Jahre blieb und dann wieder nach dem Isthmus zurückkehrte; kurze Zeit darauf starb er am Gelbfieber.

**) Im Jahre 1875 raffte eine Masernepidemie auf Fidji von ca. 1 Million Einwohnern rund 40 000 dahin; ein interessantes Gegenstück bildet dazu das an der nördlichen Grenze der gemäfsigten Zone stehende Island; hier war 36 Jahre hindurch kein Maserntall vorgekommen, als die Krankheit im Jahre 1882 durch einen Seefahrer von Kopenhagen wieder eingeschleppt wurde; sie befiel dann von den 2700 Einwohnern Reykjaviks nicht weniger als 1100 mit 150 Todesfällen; in anderen Orten von mehreren Tausend Bewohnern blieben nur 2—3 frei (Pasterson[28]).

Es wäre jedoch vermessen, behaupten zu wollen, daß der Mensch im Laufe der Zeiten nicht auch auf die eine oder die andere Weise Herr selbst über die Malaria zu werden vermöchte.

Wer will überhaupt die Akklimatisationsfrage auf Jahrhunderte hinaus beantworten? Was heute nicht möglich erscheint, kann zu irgend einer Zeit möglich werden; und von diesem weiten Gesichtspunkte aus braucht man mit de Quatrefages und Treille gerade nicht an der Akklimatisationsfähigkeit der weißen Rasse für immer zu verzweifeln. Im gegenwärtigen Augenblicke müssen wir dieselbe jedoch für alle feucht-heißen tropischen Gegenden, besonders für die tropischen Flachländer, verneinen, und zwar wegen der Unmöglichkeit der Anpassung an die endemisch-infektiösen Einflüsse, ich möchte ausschließlich sagen, an die Malaria und meine Heidelberger These[30] in vollem Umfange aufrecht erhalten: daß die Akklimatisationsfähigkeit des Europäers für die Tropen im wesentlichen zusammenfällt mit der Frage der Akkommodationsmöglichkeit gegenüber der Malaria.

Die Frage, ob sich die „weiße" Rasse in den Tropen zu akklimatisieren vermöge, wird, soviel ich darüber in Erfahrung gebracht habe, von sämtlichen deutschen Autoren (Helfft, Virchow, Hirsch, Fritsch, Mähly, Röver) in Bezug auf alle ungesunden Gegenden der Tropen verneint; die Engländer stellen sich zu dieser Frage genau ebenso: „it is now generally admitted, that Europeans cannot flourish in the lowlands of tropical countries" (Moore[1] p. 166); von den Franzosen nimmt Boudin ebenfalls eine ablehnende Stellung ein; de Quatrefages, Treille, Bertillon, Rochard glauben zwar ebenfalls nicht an die absolute Akklimatisationsfähigkeit des Europäers, urteilen aber im allgemeinen viel günstiger darüber, als Deutsche und Engländer; der Holländer Stockvis allein ist absoluter Optimist.

Damit soll nun aber nicht gesagt sein, daß die Bestrebungen der Europäer, sich in den Tropen zu kolonisieren, nutzlose und aussichtslose Unternehmungen seien. Auch für die ungesunden Gegenden besteht zweifellos die Möglichkeit der individuellen Akklimatisation, indem es stets eine ganze Anzahl von Individuen innerhalb einer Rasse giebt, welche, mit besonderen körperlichen Eigenschaften ausgestattet, von den Schädigungen des Tropenklimas gänzlich unbeeinflußt bleiben oder zum wenigsten lange Zeiträume, 15—20 Jahre, ohne Bedenken an ungesunden Plätzen verweilen können; einer meiner Freunde in Neu-Guinea war mir dafür ein sehr merkwürdiges Beispiel; er blieb als der einzige Europäer während eines 2-jährigen Aufenthaltes auf der Station Finschhafen von der Malaria gänzlich verschont und fühlte auch nicht die geringsten Störungen in seinem Wohlbefinden. Moore[31] spricht sich darüber folgendermaßen aus: „some people flourish and grow fat in the tropics (not however always a sign of health), while others grow pallid, weak, and thin. Some seem malariaproof; others are constantly suffering from more or less severe attacks of malarial fever" (p. 69).

Das veranlaßt ihn weiterhin, eine besondere Form von Regimentern „for prolonged service in India" in Vorschlag zu bringen, in welche eben

nur die erprobten, klimafesten Mannschaften einzustellen wären. Der individuellen Disposition wird also hier in vollstem Maße Rechnung getragen.

Sehen wir aber auch ganz vom Individuum ab, so ergeben sich für die Akklimatisationsfähigkeit des Europäers für die Tropen ganz im allgemeinen noch einige weitere Gesichtspunkte, welche dazu angethan sind, in den düsteren Grundton des bisher entworfenen Bildes etwas lichtere Farben hineinzubringen. Das sind:

die relative Gesundheit einiger tropischer Gegenden,
die Bevorzugung einzelner Zweige der weißen Rasse für die Akklimatisation,
die Rassenmischung.

c) *Die gesunden Gegenden der Tropen; Höhenlage, insuläre Gebiete; Sonderstellung von Queensland.*

Die Thatsache, daß einzelne Gegenden der Tropen den Aufenthalt und das Gedeihen des Europäers fast ohne jede Schädigung gestatten, ist schon seit lange bekannt.

Ribeiro[32] bezeichnet solche Gegenden als terrains d'assimilation und meint, daß die Befolgung der allgemeinen hygienischen Grundsätze ausreiche, um sich daselbst zu akklimatisieren; der Gegensatz sind ihm die terrains d'élimination, in welchen alle tropisch-hygienischen Sonderregeln in Betracht kämen, um eine Akklimatisation zu ermöglichen.

Sehen wir zunächst ganz ab von den gebirgigen Gegenden der Tropen, welchen wesentlich veränderte klimatische Charaktere eigentümlich sind, lassen wir auch diejenigen tropischen Gebiete, welche sich durch ihre insuläre Lage oder durch eine trockene Luftbeschaffenheit vorteilhaft abheben, vorläufig außer acht, so bleiben trotzdem noch innerhalb der Gebiete mit feucht-heißem Grundtypus einzelne, räumlich allerdings oftmals ziemlich beschränkte Bezirke übrig, welche für den Aufenthalt des Europäers einer Oase in der Wüste gleichen. Meist sind es größere, oft auch nur geringfügige **Bodenerhebungen** von wenigen hundert Fuß, auf denen die Europäer mit Vorteil ihre Wohnungen aufgeschlagen haben; das andere Mal sind es kleine, der Küstenlinie vorgelagerte Inseln, oder schließlich auch beschränkte Gebiete im Verlaufe der flachen Küstenlandschaft selbst, welche für das Gedeihen des Europäers ausnahmsweise günstige Bedingungen bieten. Daß an solchen Orten ausgiebigere Luftströmungen vorhanden sind, welche auf das Befinden des Europäers förderlich wirken, ist nur eine der ihnen nachgerühmten guten Eigenschaften; ihr Hauptvorzug besteht in einer, wenn auch nicht absoluten, so doch sehr bemerkenswerten Exemption für die Malariaeinflüsse; solche Plätze offenbaren sich ganz von selbst durch den guten Gesundheitszustand der auf ihnen wohnenden Europäer und sind von allen gekannt; ich selbst bin ihnen auf Neu-Guinea und den Nachbarinseln mehrfach begegnet, ohne daß ich hätte angeben können, worin jedesmal die günstigeren Bedingungen enthalten waren.

Die Kenntnis solcher Exemptionsgebiete innerhalb

einer Malariagegend ist von der größten praktischen Wichtigkeit, weil durch sie ein Teil der Akklimatisationshindernisse weggeräumt werden kann. Die in dem Dienst der praktischen Kolonisation stehenden Aerzte sollten nicht müde werden, sie ausfindig zu machen und ihren besonderen Bedingungen nachzuspüren; diese Gebiete herauszufinden ist nicht immer leicht und oftmals Sache des Zufalls; wo es angängig ist, sollte der Gesundheitszustand der Eingeborenen in Betracht gezogen werden; vor allem anderen werden die Milztumoren darüber Aufschluß geben können.

Sehr viel günstiger sind natürlich die eigentlichen **Höhenlagen der Tropen** für das Gedeihen des Europäers. Schon der alte Jacob Lind[33] empfiehlt das Aufsuchen höher gelegener Punkte. Den Berg St. Thomas bei Madras nennt er das Montpellier aller englischen Pflanzstädte; auf demselben seien in kürzester Zeit die wunderbarsten Genesungen vorgekommen. Als besonders gesund gelegene Orte führt Lind[33] auch die Monk's Hills von Antigua an, die Berge von St. Dominico, die Highlands von Barbados, die Ost-West verlaufenden Berge von Jamaica. Hier bieten auch gegenwärtig noch die Stony-Hill Etablissements einen ausgezeichneten Zufluchtsort gegen das Fieber. Ferner sind die Höhen von Martinique und Guadeloupe wegen ihrer Gesundheit berühmt (Treille[3]). Auf dem amerikanischen Kontinent sind von jeher die Andenhochländer wegen ihres ausgezeichneten Klimas gepriesen worden: die 3200 Fuß hoch gelegene Stadt Tegucigalpa in Honduras[24] ist wegen ihres guten Gesundheitszustandes in Mittelamerika geradezu sprichwörtlich; Orizaba (5449 m), les Cumbres und Mexico (2277 m) sind die Sanatorien von Vera Cruz und Tampico (Treille[3]).

Die Anden von Südamerika bieten gleich günstige Verhältnisse. Ueber Bolivia[24] (Stadt Oruro, 3651 m hoch, 17 ° S., mittlere Jahrestemperatur 5,5 ° C., Temperaturminimum im Juni —10 ° C., Temperaturmaximum im März 20 ° C.) heißt es im ärztlichen Bericht: „ce pays est un des plus sains du monde".

Die Europäer haben sich auf den Anden vor 350 Jahren angesiedelt; das Klima war ihnen zweifellos günstig; wir begegnen auch heute überall einer gesunden, fruchtbaren Bevölkerung, welche Ackerbau treibt. Nichtsdestoweniger ist es auch hier schwierig, zuverlässige Daten in genügender Anzahl zu erlangen, um absolut bindende Beweise für die Akklimatisationsfähigkeit der weißen Rasse zu erbringen, da die meisten europäischen Familien der Andenhochländer reichlich mit Indianerblut durchsetzt sind; in Peru vermochte Markham[34], der diesen Verhältnissen nachspürte, nicht mehr als 6 Familien nachzuweisen, deren Stammbäume 2 Jahrhunderte zurückreichten und sich, soweit aus den Namen ersichtlich war, auch rein erhalten hatten (1 Italiener, 3 Catalonier, 2 Basken). Die Repräsentanten dieser Familien zeigten durchaus keine Verschlechterung ihrer physischen und geistigen Eigenschaften.

In Afrika bietet das Plateau von Abyssinien (8000—9000 Fuß hoch) die günstigsten Bedingungen für die Akklimatisierung des Europäers (Treille[3]). Das Gleiche gilt von den 8600 Fuß hohen Nilagiri Hills in Indien. Allerdings sind diese letzteren von Europäern erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit, etwa seit 70 Jahren besiedelt, sodaß bestimmte Schlußfolgerungen über die Zuträglichkeit des dortigen Klimas noch nicht gemacht werden können; ebenso verhält es sich mit

den Bergen von Burma und Malacca, Madagaskar, Ceylon etc. (Markham[34]).

Auch in Niederländisch Indien kennt man schon lange den Vorzug hoch gelegener Punkte.

van der Burg[35] berechnete aus einer 33-jährigen Statistik (1850—1882), daß die Mortalität der holländisch-indischen Armee an Küstenplätzen 5,27 Proz., an höher gelegenen 3,66 Proz. ausmachte. Felkin[36] verweist auf das Beispiel der Eingeborenen-Bevölkerung: in Java und auf der Malayischen Halbinsel leben die mächtigeren Volksstämme in Höhen von 4000—6000 Fuß; im 3000 Fuß hoch gelegenen Hova-Distrikt von Madagaskar begegnet man einer viel energischeren Bevölkerung als in den Küstendistrikten; auch in Peru und Mexiko sind die mächtigeren Stämme die Bergvölker.

Die besonderen Eigenschaften des tropischen Höhenklimas und seine physiologischen Einwirkungen auf den Organismus sind besonders auf dem Londoner internationalen Kongreß für Demographie etc. Gegenstand wiederholter Erörterungen gewesen. Das am meisten hervortretende Merkmal ist die Verringerung des barometrischen Druckes und die Abnahme der Lufttemperatur, welche für je 100 m Höhenerhebung 0,57 ° C. ausmacht (Rubner[37]). Die durchschnittliche Jahrestemperatur in den Tropen reduziert sich bei Höhenlagen

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| von | 3000 | Fuſs | um | 10 ° | F. |
| ,, | 6000 | ,, | ,, | 20 ° | ,, |
| ,, | 12000 | ,, | ,, | 40 ° | ,, |

(Felkin[36]), sodaß also z. B. die Isotherme von 70 ° F. in 3000 Fuß Höhe mit derjenigen von 60 ° F., in Höhe von 6000 Fuß mit derjenigen von 50 ° F. korrespondiert (Felkin[36]). Durch die Luftdruckverminderung wird die Spannung des Sauerstoffs der Luft herabgesetzt, und es treten, als die Folge davon, beim Menschen in gewissen Höhen ausgeprägte, physiologische Erscheinungen auf, welche nach Jourdanet und P. Bert (Aßmann[38]) auf „Anoxyhämie" d. i. einen Defekt in der Sauerstoffversorgung des Blutes zurückzuführen sind. Diese, auch Bergkrankheit oder Anaemia montana genannten Störungen stellen sich erst bei Erhebungen von 2000 m, in vollständiger Entwickelung erst bei Erhebungen von 3000—4000 m ein (Hirsch[39]) und äußern sich in Atemnot, Beschleunigung der Atmung und des Pulses, sowie in nervösen Erscheinungen, wie Schlaflosigkeit oder auch Schlafsucht. Nur beim Bergsteigen werden Personen davon befallen, nicht auch diejenigen, welche im Luftballon in die Höhe gehen (Rubner[37]), da es den letzteren im Zustande der Muskelruhe leichter wird, das O-Manko durch häufigeres Atmen zu kompensieren. Die Störungen gehen in den meisten Fällen schnell vorüber, indem sich bei längerem Aufenthalt in der Höhe eine Vergrößerung der Lungenkapacität entwickelt (Aßmann[38]). Die mittlere Lungenkapacität bei akklimatisierten Personen beträgt in Bogota bei 2644 m Höhe 2,7 Lit., bei nicht akklimatisierten 2,0 (Klimatologie[24]). Auch wird die Erniedrigung des O-Druckes in den tropischen Höhen reichlich aufgewogen durch die infolge der kühleren Lufttemperatur (Treille[3]) viel leichter erfolgende Absorption und Fixation des O im Blute.

In der Hauptsache führt Moore[1] die bleibenden, physiologischen Veränderungen des Organismus beim Höhenaufenthalt auf die Verringerung des Luftdruckes zurück; es sind

dieses Erweiterung des Brustkorbes, Erweiterung der Kapillaren, Neigung zu Hämorrhagien, also im wesentlichen Zustände kongestiver Natur.

Bei 1000 Fuß Höhe verringert sich der Luftdruck um $^1/_4$ kg für den Quadratzoll; das macht für den Brustkorb allein eine Erleichterung um 64 kg Druck aus, bei 4000 Fuß Höhe bereits um 250 kg (Moore[1]).

Treille[3] wiederum legt den größten Nachdruck auf die Erniedrigung der mittleren Temperatur, wodurch auch eine Verminderung in der Spannung des atmosphärischen Wasserdampfes bewirkt werde. Begünstigend wirke hierbei auch die starke Abkühlung der Luft während der Nächte und die lebhaftere Wärmeabgabe des Bodens zur Nachtzeit, wodurch sich die Kondensation des Wasserdampfes auf der Oberfläche des Bodens weit energischer vollziehe. Infolge der geringeren Wasserdampfspannung finde aber ein Ausgleich der Lungen- und Hautperspiration statt; beide funktionieren lebhafter; die Haut schwitze deshalb weniger, und es komme nicht zu denjenigen Störungen, welche das feucht-heiße Klima der Küsten hervorruft (Treille[3]). In der Abkühlung der Höhenluft ist sicherlich ein sehr wesentliches Moment für die leichtere Akklimatisation des Menschen gegeben. Es wirken hier auch auf den menschlichen Organismus die durch die häufigeren Regenfälle hervorgerufenen plötzlichen Temperaturschwankungen als wohlthätige thermische Reize, nicht weniger die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht, zwischen Sommer und Winter. Aber trotz alledem ist das gemäßigte Höhenklima der Tropen nicht gleichzustellen dem Klima der gemäßigten Zonen, weil die Sonnenbestrahlung, die Dauer von Tag und Nacht, die Luftfeuchtigkeit (annähernd bis zum Sättigungspunkt) das Klima trotzdem als ein tropisches charakterisieren (van der Burg[35]).

So wiederholen sich auch hier überall die Klagen über die Anämie der Europäer, über die Unfruchtbarkeit der europäischen Frauen, über die große Kindersterblichkeit, und die meisten Autoren halten die Ansiedelungen der Europäer in tropischen Höhen deshalb auch nur unter besonderen Bedingungen für möglich; die Forderung, daß sich die Europäer im wesentlichen der Feldarbeit enthalten, vielmehr nur die Aufsicht führen sollen, steht auch hier wieder obenan (Moore[1]); höchstens sollen die weniger strapaziösen Gartenarbeiten vorgenommen werden. Mit Rücksicht auf den geringen Nachwuchs wird auch für die Ansiedelungen auf tropischen Höhenlagen ein öfterer Nachschub aus der Heimat, noch für Jahre, selbst Jahrzehnte und Jahrhunderte als erforderlich erachtet (van der Burg[35]). Erst unter diesen Voraussetzungen wird von Felkin[36] in Höhen von 4000 Fuß für die südeuropäischen Völker — von 6000 bis 10 000 Fuß für Nordeuropäer — eine vollständige Akklimatisation für möglich gehalten; während Moore[1] selbst dann eine Akklimatisation im eigentlichen Sinne negiert.

Bei dieser wenig günstigen Beurteilung, welche auch das Klima der tropischen Hochländer erfährt, hüte man sich aber, in den Fehler zu verfallen, die Vorzüge des Höhenklimas überhaupt leugnen oder auch nur gering veranschlagen zu wollen. Vor allem darf nicht der große, sehr wichtige Unterschied außer acht gelassen werden, welcher sich hier gegenüber dem tropischen Flachlande für

die Akklimatisation des Individuums ergiebt. Haben die Einwanderer dort einen fortwährenden Kampf mit den endemisch-infektiösen Einflüssen der Malaria, der Dysenterie, des Gelbfiebers u. s. f. zu führen, so fallen diese Krankheitseinflüsse in Höhen von 12 000 bis 16000 Fuß [3. oder kalte (30—41 ° F.) vertikale Zone nach Felkin [36]] gänzlich fort, während sie in Höhen von 3000—12000 Fuß [2. oder gemäßigte (41—73 ° F.) vertikale Zone] einen vorwiegend milden Charakter anzunehmen pflegen.

Im Bogota-Bericht [24] — 2644 m — werden 34 Malariaerkrankungen 2040 Typhusfällen gegenübergestellt; in Oruro [24] — 3651 m — existiert weder Malaria noch Dysenterie; in den 3500 m hohen Perulandschaften wurde Malaria jedoch noch gelegentlich beobachtet. Gelbfieber wird auf Guadeloupe in 545 m Höhe (Fort Jacob) nicht mehr angetroffen (E. Rochard [40]).

Andererseits erscheinen im tropischen Hochlande wiederum besondere Krankheitszustände, welche den Flachländern fast gänzlich fehlen, so eine hervortretende Neigung für Entzündungs- und Erkältungskrankheiten (Rheumatismus und Lungenentzündung); auch pflegen die Infektionskrankheiten unserer Breiten — Masern, Pocken, Tuberkulose*) — daselbst eine weitere Ausdehnung zu erfahren.

Die Uebersiedelung aus dem tropischen Flachlande in das Gebirge ist wegen der besonders zur Nachtzeit hervortretenden starken Abkühlung der Luft (in Darjeling im Himalaya — 2668 m — oder auf dem Plateau von Nilgherrys — 2200 m — werden Temperaturdifferenzen bis zu 25 ° innerhalb 24 Stunden beobachtet) nicht immer ganz unbedenklich. Es kommt mitunter zu chronischen Diarrhöen — Hill's diarrhea der Engländer — welche nur durch Verlassen der Höhen zu beseitigen sind.

Der Vollständigkeit halber sei hier auch des häufigen Vorkommens von Herzfehlern in den tropischen Hochländern gedacht [24], wiewohl durch sie die Akklimatisationsfrage nicht besonders berührt werden dürfte.

Noch günstiger als auf den tropischen Höhenpunkten ist das **Klima einzelner insulärer Gebiete** des tropischen Gürtels; bekannt sind die vortrefflichen Klimate von Neu-Caledonien, Tahiti, den Sandwichs- und anderen Inseln des Stillen Oceans.

Auf Neu-Kaledonien betrug die Mortalität der französischen Truppen nur 11 ‰ (Bertillon [42]), auf Tahiti machte dieselbe während der ersten 8 Jahre der Garnisonierung nur 9,8 ‰ aus, im Jahre 1850 sogar nur 3,9 ‰, obgleich die Truppen in ausgedehntem Maße mit Erdarbeiten beschäftigt worden waren (Dutroulau [2]). Auf Fidji ist die Malaria gänzlich unbekannt.

Der Akklimatisation der Europäer scheinen sich also auf diesen gesunden Inseln die allergeringsten Schwierigkeiten

*) Trotzdem soll in manchen tropischen Hochländern der Hochlandsluft eine besondere, wenn auch zunächst nicht näher gekannte „desinfizierende Eigenschaft" (Below [41]) innewohnen, welche z. B. in der 2277 m hohen Stadt Mexiko trotz ihrer miserablen sanitären Einrichtungen der Entwickelung der Tuberkulose hinderlich ist (Below [41]).

entgegenzustellen. Trotzdem konnten europäische Familien mit mehr als drei Generationen bisher auf denselben ebenfalls nicht nachgewiesen werden (Markham[34]); wohl deshalb nicht, weil es auf diesen Inseln zu wirklichen kolonisatorischen Unternehmungen nicht gekommen ist; dieselben besitzen mehr die Bedeutung von Handelsstationen.

Dagegen finden sich bemerkenswerte Beispiele von alten europäischen Ansiedlungen auf einigen Inseln des westindischen Archipels; so leben auf der Insel Tuaga, nördlich von Hayti, Familien, deren Vorfahren zur Zeit Karls II. von Spanien im Jahre 1665 dort eingewandert sind (Markham[34]).

Auf Barbados hat sich die europäische Bevölkerung ebenfalls gegen zwei Jahrhunderte rein erhalten; sie stammt von den Rebellen ab, welche 1650—1700 als Sklaven dahin verkauft waren; ihre Abkömmlinge leben jetzt als Fischervolk in harter Arbeit und bei schlechter Kost und haben sich hinsichtlich ihres physischen Zustandes nicht unmerklich verschlechtert; wenn man aber ihre Geschichte in Betracht zieht, die Leiden, welche ihre Vorfahren zu erdulden hatten, so ist es zu verwundern, daß sie sich dort überhaupt gehalten haben (Markham[34]).

Hervorzuheben sind auch die vorzüglichen klimatischen Bedingungen auf St. Helena und den Cap Verde'schen Inseln. Die Gesundheit der Insel St. Helena, „auf welcher die englischen Pflanzer alle Jahreszeiten hindurch gesund, frisch und munter bleiben und ein ebenso hohes Alter erreichen wie die Europäer“, wird schon von Jakob Lind[33] (p. 70) gerühmt.

Die Cap Verde'schen Inseln besitzen eine „akklimatisierte Bevölkerung“, welche mit Erfolg den Boden bebaut (Treille[3]), während auf dem gegenüberliegenden Festlande, in Senegambien und Oberguinea die Europäer durch Fieber dezimiert werden, sodaß der Volksmund diese unseligen Gefilde „the white man's grave“ nennt. Auch die Insel Réunion gilt jetzt als klimatisch günstig.

In den Jahren 1819—1827 hatte die Mortalität der französischen Truppen daselbst ebenfalls nur 17,2 ‰ betragen: 1830 und 1831 war dieselbe aber während einer großen militärischen Expedition auf 113,8 ‰ und 80,7 ‰ angestiegen (Dutroulau[2]).

Welche besonderen Verhältnisse auf diesen klimatisch günstigen Inseln des Tropengürtels obwalten, würde Gegenstand einer besonders interessanten und lehrreichen Untersuchung werden. Bei vielen von ihnen mögen die Bodenverhältnisse, korallinische oder vulkanische Gesteinarten, dem Zustandekommen von Malariakrankheiten hinderlich sein, wenngleich z. B. in Hawaï und Tahiti sich sumpfige Gegenden in großer Ausdehnung vorfinden (Bertillon[42]). Bei allen wirkt wahrscheinlich gesundheitsförderlich die freie Lage mitten im Ocean, wiewohl diese wiederum nicht allein ausschlaggebend sein kann, da andere, ebenso frei gelegene Inseln, so die Comoren, unter ihnen Mayotte und Nossi-Bé, durchaus den nachteiligen Charakter des Tropenklimas zeigen.

Eine besondere Stellung unter den tropischen Ländern nimmt der nördliche Teil des australischen Festlandes ein: **Queensland** gilt als eins der wenigen Gebiete des Tropengürtels, bei dem die Hoffnung auf die Akklimatisation der weißen Rasse berechtigt erscheint. Seit der Entdeckung dieses Erdteils durch Cook im Jahre 1770 sind

die Europäer in ununterbrochenem Strome hier eingewandert, vorwiegend die Engländer, aber auch Deutsche und Holländer in großer Zahl; sie haben die eingeborenen Australier überall in das Innere zurückgedrängt, an einzelnen Stellen ausgerottet, sodaß jetzt im Ganzen kaum 60000 Angehörige dieser Rasse dortselbst vorkommen.

Die uns vorzugsweise interessierende Provinz Queensland[43] zählte

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1860 | 28056 Einwohner | 1875 | 120104 Einwohner |
| 1870 | 115567 „ | 1886 | 343768 „ |

unter welchen sich neben „Weißen" eine Anzahl Chinesen befindet. Die Zahl der Geburten betrug 1870 4905, diejenige der Sterbefälle im gleichen Jahr 1645, sodaß also hier die Geburtsziffer um ein Beträchtliches die Mortalitätsziffer übersteigt. Eine Anzahl blühender Städte, Brisbane, Rockhampton, Cooktown, ist daselbst entstanden und noch fortwährend im Entstehen begriffen.

Das Treiben der Menschen dort unterscheidet sich fast in nichts von dem in unseren europäischen Städten; nur die Sonnenglut des Tages erinnert daran, daß man sich in einem tropischen Lande befindet. In den ländlichen Distrikten sind die Europäer in Farmen angesiedelt: sie bearbeiten mit eigener Hand den Boden und widmen sich in ausgedehntem Maße der Viehzucht: andere wandern von Ort zu Ort, um auf der Suche nach den kostbaren Mineralien des Landes ihr Glück zu finden. Die berühmten Goldminen von Charterstowers werden in bergmännischem Betrieb ausschließlich von der europäischen Bevölkerung ausgebeutet. Der Wohlstand im Lande ist allgemein; es giebt hier kaum die Klasse der armen Leute, jedenfalls keine Hungerleider. Nur durch die Arbeit der Europäer wurden schon im Jahre 1870 52210 acres Land unter Kultur gehalten; der Bestand an Rindvieh betrug 1076630 Stück, an Schafen 8 Millionen: es wurden zugleich 20 Millionen Pfund Wolle zum Export gestellt.

Der Gesundheitszustand in Queensland ist ausgezeichnet; Malariafieber sind im allgemeinen nicht zahlreich auf dem Lande, während die Städte gänzlich frei davon bleiben. Ob eine Akklimatisation der weissen Rasse hier thatsächlich stattfinden wird, läßt sich mit Bestimmtheit nicht voraussagen; die Zuzüge von Europa werden in Decennien noch nicht ihren Abschluß gefunden haben. Die im Lande geborenen Europäer haben sich überall kräftig entwickelt und sind stolz auf ihre junge Nationalität; wirtschaftlich wie politisch stehen die australischen Provinzen vollkommen selbständig da.

Was bewirkt nun diese Sonderstellung des tropischen Australien*)? Das Land ist flach, die Temperaturverhältnisse sind exquisit tropische, mit dem alleinigen Unterschiede, daß die Abkühlung der Nächte hier viel auffallender hervortritt. Am ehesten wäre ich geneigt, den eigentümlichen Vegetationsverhältnissen des Landes einen

---

*) Nach einer geläufigen Anschauung ist die südliche Hemisphäre der Akklimatisation im allgemeinen günstiger als die nördliche; zwischen dem 30. und 35. Grad findet man hier Algier und den südlichen Teil der Vereinigten Staaten, dort Kapland und Australien; auf der südlichen Hemisphäre beträgt die Sterblichkeit der französischen Armeen 9,93 pro mille, der englischen 9,6 pro mille; auf der nördlichen verliert die französische Armee 46,6 pro mille, die englische 151,1 pro mille (de Quatrefages[44]).

wesentlichen Anteil an der Gunst des Klimas zuzuschreiben. Die Urwaldvegetation der Tropen ist hier sehr eingeschränkt; statt ihrer ziehen sich fast überall meilenweite lichte Waldungen von Eucalyptusbäumen durch das Land, welche die Sonnenstrahlen am Tage tief in den Erdboden dringen lassen, während in den Nächten die Wärme des Bodens ebenso schnell wieder entweichen kann.

Hier reitet der Farmer mit seinen bepackten Lasttieren über niedrige Gräser meilenweit seinen Weg; hier jagt der Sportsman mit seiner Meute im vollen Galopp der einzigen Jagdbeute dieses Kontinents, dem Känguruh, nach; hier ziehen die alten Söhne des Landes umher, die unbekleideten, häßlichen, fast tierischen Gestalten der Australneger, und schlagen, wo sie sich gerade befinden, ihre nächtlichen Schutzdächer auf.

Das sind Verhältnisse so eigener Art, wie sie in keinem anderen Lande der Tropen angetroffen werden, und es liegt auf der Hand, daß sie dem Akklimatisierungsprozeß der Europäer ungemein förderlich sind. Die Urbarmachung und Bearbeitung des Bodens wird dem Einwanderer hier wesentlich erleichtert, und darin ist schon ein großer Vorteil gegenüber anderen Ländern enthalten. Nicht zu unterschätzen ist auch die Lage von Queensland hart an der Grenze der subtropischen Regionen, in die es mit einem Teile bereits hineinragt; diese zum Teil sehr fruchtbaren Gebiete gestatten den erfolgreichen Anbau unserer sämtlichen Cerealien, die dannn wiederum mit Leichtigkeit nach den tropischen Provinzen verschickt werden können. Daß auch der natürliche Reichtum des Landes an wertvollen Mineralien und die dadurch begründete große Wohlhabenheit der Bevölkerung auf deren Akklimatisierung günstig einwirkt, dürfte ebenfalls nicht ohne Wichtigkeit sein.

Nach all dem Günstigen, was über das tropische Australien zu sagen war, soll nicht verschwiegen werden, daß auch hier Störungen der Gesundheit durch das Tropenklima zu verzeichnen sind; einzelne schwächliche Individuen, besonders anämische Frauen, müssen doch öfters einen „trip for health" nach der gemäßigten Zone antreten; von ernsteren Leiden infolge des Klimas pflegt jedoch nirgends die Rede zu sein.


1) *Sir* **W. Moore,** *The suitability of tropical highlands, Transact. VII. int. Congr. Hyg. and Demograph., London* 1891.
2) **Dutroulau,** *Traité des maladies des Européens dans les pays chauds, Paris* 1861.
3) **G. Treille**, *De l'acclimatation des Européens dans les pays chauds, Comptes rendus d. VI. Congrès internat. d'hygiène, Wien* (1888).
4) **A. Jousset**, *Traité de l'acclimatement et de l'acclimatation, Paris* 1840
5) **A. Rattray,** *De quelques modifications physiologiques importantes etc., Arch. d. méd. naval.* (1871), *nach Virchow-Hirsch Jahresb.* (1871) 1. *Bd.* 289.
6) **R. Neuhauss**, *Untersuchungen über Körpertemperatur, Puls etc. auf einer Reise um die Erde, Virchow's Archiv* (1893) 134. *Bd.*
7) **Lehmann,** *Virchow's Archiv* (1889) 115. *Bd. Heft* 2 *und* 3.
8) **Glogner,** *ebend.*
9) **Dundas**, *Sketches of Brazil, cit. bei Hirsch* [39].
10) **L. Martin,** *Aerztliche Erfahrungen über die Malaria der Tropenländer, Berlin* 1889.
11) **Helfft**, *Von der Akklimatisation des Europäers in den Tropen, Deutsche Klinik, Berlin* (1850) 2. *Bd.* 303.
12) **F. Falk,** *Zur hist.-geograph. Patholog. d. perniciösen Wundfiebers, Arch. f. kl. Chirurg.* 15. *Bd.* 3. *H.*
13) **Stockvis,** „*Vergleichende Rassenpathologie*", *Sonderabdruck aus Verhandlg. X. int. med. Kongr., Berlin, Hirschwald,* 1890.
14) **van Overbeck de Meyer**, *Ueber d. Einfl. d. Tropenklim. auf Eingewanderte etc., Verh. X. int. med. Kong., Berlin* 1890.

15) **Marestang**, *Hématimétrie normale de l'Européen aux pays chauds*, *Arch. d. méd. nav.* (1889).
16) **F Plehn**, *Beitrag zur Patholog. d. Tropen etc.*, *Virch. Arch.* (1892) 129. *Bd. H.* 2.
17) **Gärtner**, *Verh. 62. Vers. d. Naturf. u. Aerzte, Heidelberg* 1889, *Diskuss. Sekt. XXV.*
18) **Stockvis**, *Verh. VII. int. Congr. of Hyg. and Demograph.*, *Diskussionen.*
19) **van der Scheer**, *cit bei Lehmann*, *Berl. klin. W.* (1893) *No.* 22.
20) **E. Below**, *Die Ergebnisse der tropenhygienischen Fragebogen*, *Leipzig* 1892.
21) **A. Bertillon**, „*Acclimatement*" *im Dict. d. sciences anthropologiques* (*Bertillon, Coudereau*), *Paris* 1884.
22) **O. Schellong**, *Malariakrankheiten*, *Berlin*, *Jul. Springer*, 1890.
23) **E. Mähly**, *Ueber Akklimatisation*, *VI. int. Kongr. f. Hyg. u. Demogr.*, *Wien* 1887 (*Hyg. Sekt.*).
24) **O. Schellong**, *Klimatologie der Tropen*, *Berlin* 1891.
25) **Daubler**, *Wirkg. d. Tropenklim. auf d. menschl. Organism. etc.*, *Berl. kl. Woch.* (1888) *No.* 21.
26) **L. de Santi**, *De l'entérite chronique paludéenne*, *Paris* 1892.
27) **Vernial**, *Note sur l'acclimatement dans l'isthme de Panama*, *Bull. de l. Soc. d'anthrop.* (1889).
28) **Pasterson**, *in V.-Hirsch Jahresb.* (1882) 1. *Bd.* 379.
29) **R. Virchow**, „*Akklimatisation*", *Verh. Berl. G. f. Anthropolog. Ethnolog.* (1885) 202.
30) **O. Schellong**, 30 *Thesen über die Malariafrage*, 62. *Vers. d. Nat. und Aerzte, Heidelberg* 1889, *Sekt.* 25.
31) *Sir* **Will. Moore**, *Sanitary progress in India*, *Transact. VII. int. Congr. Hyg. and Demograph.*, *London* 1891.
32) **Ribeiro**, *VI. int. Kongr. f. Hyg. u. Demograph.*, *Hyg. Sektion, Diskussion*, *Wien* 1887.
33) **J. Lind**, *Krankheiten der Europäer in heifsen Klimaten* (*aus dem Englischen*), *Leipzig* 1773.
34) **Clements R. Markham**, *On the suitability of mountainous regions and of islands in the tropics for European settlement*, *Verh. VII. int. Kong. für Demograph. und Hyg.*, *London* 1891.
35 **van der Burg**, *To what extent are troptcal altitudes adapted for settlement by Europeans? Transact. of the VII. int. Congr. f. Hyg. a. Demograph*, *London* 1891.
36) **R. W. Felkin**, *Tropical highlands: their suitability for European settlement*, *in Transact. of the VII. int. Congr. of Hyg. and Demograph.*, *London* 1891.
37) **Max Rubner**, *Lehrb. d. Hyg.* 4. *Aufl. Wien*, *Deutike* 1892.
38) **Afsmann**, *Ueber Beziehungen zwischen Krankh. und meteorolog. Vorgängen*, *Verh. X. int. med. Kong.*, *Berlin* 1890.
39) **A. Hirsch**, *Handbuch der hist.-geograph. Pathologie.*
40) **E. Rochard**, *Acclimatement, in d. Encyclopédie d'hygiène: Jul. Rochard* 1. *Bd. Paris* 1890.
41) **Below**, 62. *Vers. deutsch. Naturf. und Aerzte*, *Heidelberg* 1889, 25. *Abt.*
42) **Bertillon**, „*Acclimatement*", *Dict. encyclop. d. sc. méd. Paris* 1864.
43) *Papers rel. t. h. Majest. possess.*, *Queensland*, 1870.
44) **A. de Quatrefages**, *L'acclimatation des races humaines*, *Rev. d. deux mondes*, *Paris* (1870).

## 5. Der Rasseneinflufs und individuelle Disposition.

### a) *Farbige Rassen.*

Alles, was bisher gesagt ist, bezieht sich auf die Beschaffenheit der verschiedenen Gegenden, auf ihre für die Akklimatisation mehr oder weniger günstigen klimatischen Verhältnisse. Wie es aber bei der Verpflanzung eines Gewächses nicht allein auf den Boden ankommt, in welchen man es hineinversetzt, sondern ebenso sehr auf die Beschaffenheit der Pflanze selbst, so werden wir auch bei Menschen und Tieren ein verschiedenes Verhalten der verschiedenen **Rassen** erwarten bezw. eine mit der Rasse wechselnde Disposition für den Akklimatisationsprozeß annehmen können.

Unser Pferd eignet sich nicht für das feucht-warme Tropenklima, während die Beispiele von Australien, Nordafrika, Arabien zeigen, daß es in heißen, aber relativ trockenen Gebieten ein gutes

Gedeihen findet. Für das feuchte Tropenklima sind die Javaponies vorzüglich, deren rund 500 000 auf Java leben (Hindorf[1]).

Nach Boudin[2] (p. 329) wird die größere oder geringere Akklimatisationsfähigkeit einer Rasse für eine bestimmte Gegend wesentlich bedingt durch die Empfänglichkeit, welche sie für die endemischen Krankheiten dieser Gegend zeigt. Von den farbigen Rassen sind allein die Chinesen selbständig kolonisierend vorgegangen; in den meisten tropischen Ländern treten sie als Konkurrenten der weißen Rasse auf, und überall, wo man ihnen begegnet, bekunden sie eine entschiedene Ueberlegenheit. In ihrem eigenen Lande, das von der sibirischen Grenze bis über den Wendekreis hinausreicht, haben sie gelernt, sich allen klimatischen Differenzen anzupassen, und im Verlauf langer Zeiträume diejenigen Eigenschaften erworben, welche sie zur Akklimatisation für alle Teile der Erde so besonders befähigen.

Aber auch ihre Akklimatisationstüchtigkeit erfährt eine erhebliche Einschränkung in denjenigen tropischen Gegenden, in welchen endemische Krankheitseinflüsse dominieren.

So berichtet Martin[3], daß er von 200 auf einer Plantage in Sumatra beschäftigten Chinesen 80 innerhalb dreier Monate an der Malaria sterben sah. Sie zeigten daselbst eine weit größere Disposition für Malariafieber, als die Angehörigen anderer farbiger Rassen. Ein gleich ungünstiges Resultat wird mir von den in Neu-Guinea auf Plantagen beschäftigten Chinesen berichtet. In beiden Fällen wird der Einwand berechtigt erscheinen, daß die Chinesen hier unter besonders ungünstigen Bedingungen zu leiden hatten; immerhin aber beweisen diese Thatsachen, daß auch die Chinesen den Malariaeinflüssen gegenüber nicht fest sind, sodaß ein gewisses Bedenken hinsichtlich der ihnen nachgerühmten akklimatisatorischen Ueberlegenheit überhaupt nicht unterdrückt werden darf. Die Frage ist jedenfalls noch nicht abgeschlossen und bedarf noch einer weiteren speziellen Untersuchung.

Die Beurteilung der Akklimatisationsfähigkeit der farbigen Rassen ist eine besonders schwierige Aufgabe; denn hier bedürfen die spärlichen darüber vorhandenen Daten einer ganz außerordentlich kritischen Sichtung, und ein direkter Vergleich dieser Rassen mit den europäischen ist nur in den allerseltensten Fällen statthaft. Warum? Weil, wo auch immer eine Auswanderung der farbigen Rassen stattgefunden hat, diese fast niemals ihrem freien Willen entsprungen ist und sich auch niemals unter Verhältnissen vollzogen hat, welche der Akklimatisation günstig waren, d. h. alle bisher zur Akklimatisation genötigten farbigen Rassen haben sich zumeist in abhängiger, unfreier Lage befunden, z. T. auch unter hygienisch ganz unzureichenden Verhältnissen leiden müssen; sie sind die wirtschaftlich Schwächeren gewesen. Es kommt dazu die den meisten farbigen Rassen eigene Gleichgiltigkeit gegenüber den sie selbst betreffenden Vorgängen, die gänzliche Unkenntnis von hygienischen Einrichtungen, ja selbst der vollständige Mangel eines Verständnisses für die Wohlthaten der Hygiene.

Die statistischen Angaben über die farbigen Rassen sind naturgemäß erst recht lückenhaft und unzuverlässig.

Andererseits haben die Züge der farbigen Rassen sich meist nach Gegenden bewegt, deren Klima sich nicht wesentlich von dem ihrer Heimatsstätten unterschied; ihre Bewegungen blieben auf den Tropengürtel beschränkt oder gingen noch ein wenig in den subtropischen Teil der Erde hinein. Es ist also anzunehmen, daß für die Angehörigen dieser Rassen die Akklimatisationsprozesse einen besonders leichten und milden Verlauf nehmen mußten, eben weil sie die dazu erforderlichen körperlichen Eigenschaften in ihrer eigenen Heimat bereits erworben hatten.

Während nun aber die anthropologischen Merkmale der eingeborenen Rassen Gegenstand sorgfältiger Untersuchung gewesen sind, fehlen uns noch fast vollständig die Angaben, welche uns dem Verständnis für rassenphysiologische Vorgänge näher brächten. Was darüber beobachtet wurde, ist folgendes: Den Individuen tropischer Rassen (Neger, Hindus, Senegambier, Malayen etc.) wird zugeschrieben: eine höhere Respirationsfrequenz mit Zurücktreten des Abdominaltypus und geringerer vital. Kapacität, eine größere Pulsfrequenz, eine größere Schweißsekretion, eine um 0,5—0,6° gesteigerte Köpertemperatur, eine Herabsetzung der Tast- und Schmerzempfindungen, des Gesichts-, Farben- und Gehörsinnes, der Muskelkraft, der psychischen Begabtheit. Diese Angaben stammen von Jousset[4]; sie haben von anderer Seite lebhaften Widerspruch erfahren und sind jedenfalls generell für eingeborene Rassen nicht zutreffend. Nach meiner eigenen, an Papuas gemachten Beobachtung muß ich für diese das Zurücktreten der Abdominalatmung, die höhere Körpertemperatur, die größere Schweißsekretion, desgleichen die Angaben über Gesichts- und Farbensinn ganz entschieden in Abrede stellen. Im Gegenteil habe ich mich über den Mangel an Schweißen bei den Papuas gewundert, und oft genug mußte ich staunen über die vorzügliche Entwickelung ihres Gesichtssinnes bei Gelegenheit von Jagden etc.[5].

Die Beobachtungen von Daubler[6], Glogner[7] und Lehmann[8] bestätigen für die malayische Rasse eine geringe Zunahme der Respirationsfrequenz (20,45 in der Minute, gegen 19,00 der Europäer), ebenso eine im Verhältnis zur Körperhöhe relativ größere Lungenkapacität (die absolute fiel, der geringeren Körperhöhe entsprechend, viel kleiner aus); sie konstatieren dagegen übereinstimmend eine geringere Körpertemperatur und eine minimale Schweißproduktion. Glogner[7] rechnete auch heraus, daß die Haut des Malayen in einer halben Stunde pro Quadratcentimeter 10,5, diejenige des Europäers nur 8,7 Wärmeeinheiten abgiegt, sodaß sich der Malaye in Bezug auf die Wärmeleitung im Vorteil befindet.

Daubler[6] folgert aus den vorher angegebenen Zahlen über das Verhalten der Atmung (größere Respirationsfrequenz, größere Lungenkapazität) das gleiche günstige Verhältnis für die Wärmeabgabe von seiten der Lungen des Malayen, während er aus der eiweißärmeren Kost der Malayen auch eine verringerte Wärmeproduktion für dieselben herleiten zu sollen glaubt. Da sehr viel theoretisches Kalkül in diesen Resultaten enthalten ist, so werden sie zunächst noch der weiteren Bestätigung bedürfen.

Daß die farbigen Rassen in ihrer Heimat in physiologischem Sinne als akklimatisiert zu betrachten sind, ist kaum zu bezweifeln, wiewohl im einzelnen die physiologischen Besonderheiten der Eingeborenen noch

nicht ausreichend genug gekannt sind. Wertvoller für uns ist die Untersuchung, welche Widerstandsfähigkeit die farbigen Rassen in ihrer Heimat den endemischen Krankheitseinflüssen gegenüber an den Tag legen.

Buchner[9] teilt die Infektionskrankheiten ein in ektogene (= miasmatische: Malaria, Gelbfieber, Cholera) und endogene, im Körper selbst entstehende (Pocken, Masern, Influenz, Lungentuberkulose) und spricht den eingeborenen Rassen, besonders den afrikanischen eine größere Widerstandsfähigkeit gegenüber den ersteren zu, während sie umgekehrt für die endogenen Infektionskrankheiten mehr disponiert erscheinen als die Europäer.

Für die afrikanische Rasse scheint die fast vollkommene Immunität für Malaria und Gelbfieber als Thatsache betrachtet werden zu müssen, nachdem besonders Boudin[2] und Corre[10] dafür eingetreten sind. Sie bewahren diese Eigenschaften, wenngleich abgeschwächt, auch in anderen tropischen Gebieten, büßen sie aber beim Uebergang in die kälteren Zonen (z. B. in die Vereinigten Staaten) vollständig ein (Corre[10]).

Auch scheint die Angabe wohl begründet zu sein, daß die Afrikaneger leichter chirurgische Eingriffe überstehen und einen schnelleren und glatteren Wundverlauf zeigen (Daubler[11]). Von anderen farbigen Rassen liegen ähnliche Beobachtungen nicht vor; auch ist bei diesen niemals von einer Immunität gegen die Malariafieber die Rede. Man konnte ihnen meist nur insofern eine größere Widerstandsfähigkeit gegen die Malaria zuerkennen, als sie im allgemeinen an den leichteren Malariaformen erkrankten und in ihrem Allgemeinbefinden dadurch weniger geschädigt wurden. Aber auch diese relative Widerstandsfähigkeit gegenüber der Malaria geht ihnen sofort wieder verloren, sobald sie in andere, oftmals nur benachbarte Gegenden übergeführt werden. Man konnte das überall in denjenigen tropischen Gebieten beobachten, in welchen farbige Arbeiter in größerem Maßstabe zum Plantagenbau herangezogen wurden.

Die nach Neu-Guinea eingeführten Malayen Javas erkrankten fast ausnahmslos auch an den schweren Formen der Malaria und unterschieden sich hinsichtlich der Häufigkeit der Erkrankungen kaum merklich von den Europäern; das gleiche Verhältnis zeigte sich bei den Landeseingeborenen des Bismarck-Archipels, welche nach dem benachbarten Neu-Guinea hinübergebracht wurden, nur mit dem Unterschiede, daß die Erkrankungen gewöhnlich einen milden Charakter trugen. Perniciöse Fieber und Todesfälle kamen nur bei den Malayen vor (Schellong[12]).

Hinsichtlich der Akklimatisation liegen nur für die afrikanische Rasse sorgfältige Untersuchungen vor, und zwar von Boudin[2] und Corre[10]: danach ist eine Akklimatisation der Neger aus der Mitte Afrikas in den Küstenländern des nördlichen Afrika (Aegypten, Tunis, Tripolis, Marokko, Algier) nicht möglich gewesen.

In Algier ging der Bestand von 4177 Negern innerhalb zweier Jahre (1849—1851) auf 3488 herunter, was einer Mortalität von ca. 160 ‰ gleichkommt.

Ebensowenig hat sich die Negerrasse in klimatisch verwandten Gegenden, auf Ceylon, Mauritius, den engl. und franz. Besitzungen Westindiens und in Mexiko halten können. Dabei ist nun nicht der Umstand außer Acht zu lassen, daß die Neger dorthin als Sklaven eingeführt wurden und zwar größtenteils unter so elenden sozialen Verhältnissen (vgl. Sklavenjagden, Sklaventransporte!), daß die einzelnen Individuen bereits geschwächt zur Akklimatisation gestellt wurden. Sie bekundeten überall eine ausgesprochene Disposition für Erkrankungen der Lungen und des Darmes, und diesen Krankheiten fiel auch hauptsächlich die große Sterblichkeitsziffer zur Last.

Die Geburten blieben stets hinter den Sterbefällen zurück; während der Jahre 1816—1877 betrug die Mortalität unter 696 171 Negern Westindiens 28 $^{0}/_{00}$; auf 36 Köpfe kam ein Todesfall, auf 40 Köpfe ein Geburtsfall (Boudin[2]). Die Negertruppen auf Mauritius hatten 1825—1836 eine Mortalität von 37,2 $^{0}/_{00}$, die englischen Truppen eine solche von nur 27,4 $^{0}/_{00}$ (Boudin[2]).

Die afrikanische Rasse hat sich dagegen akklimatisationsfähig gezeigt für die südlichen Teile der Vereinigten Staaten. In Charleston (ca. 32° N.) starben unter 22 460 Individuen während der Jahre 1846—1855 nur 23,2 $^{0}/_{00}$, vorzugsweise an Lungenerkrankungen und Typhus; die Neger erreichen hier ein hohes Alter.

In der Statistik von Charleston werden 269 Todesfälle von Negern zwischen 81 und 90 Jahren aufgeführt; 101 Neger waren beim Tode 90 bis 100 Jahre alt, 38 mehr als 100.

Andererseits scheint es, als ob der Aufenthalt in kühleren Gegenden auf die geistige Sphäre des Negers nachteilig einwirke; die Zahl der Verrückten ist eine verhältnismäßig hohe und steigert sich in dem Maße, in welchem der Neger nach den nördlichen Gebieten der Vereinigten Staaten vordringt.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| In Virginia | kommt | 1 | Verrückter | auf | 1299 | Neger |
| „ Massachusetts | „ | 1 | „ | „ | 43 | „ |
| „ Maine | „ | 1 | „ | „ | 14 | „ (Boudin[2]). |

### b) *Europäische Rasse.*

Ein ungleich größeres Interesse beanspruchen die verschiedenen Zweige der „weißen", europäischen Rasse hinsichtlich ihrer Akklimatisationsfähigkeit. Unter ihnen nehmen die Juden eine Sonderstellung ein; sie bilden innerhalb der weißen Rasse dasjenige Element, das die Chinesen unter den farbigen sind; sie sind, so heißt es allgemein, Kosmopoliten auch rücksichtlich der Akklimatisation; wo sie festen Fuß fassen konnten, haben sie es gethan. Wir begegnen ihnen auf der ganzen Erde, und bis auf geringe Veränderungen haben sie überall ihre charakteristischen physiognomischen Eigentümlichkeiten und ihren sonstigen Habitus bewahrt. Freilich ist es, wie ich glaube, ausgemachte Thatsache, daß die Juden sich nirgends mit Acker- oder Plantagenbau in nennenswertem Maße befaßt haben, sondern überall vorzugsweise Handeltreibende geblieben sind, was ihrer Akklimatisation

zweifellos zu statten kommt. Ihre Befähigung, sich allen klimatischen Verhältnissen anzupassen, beruht sicher wohl auch auf ihrer syrisch-arabischen Herkunft, auf ihrer Zusammengehörigkeit mit den Arabern, Mauren und den alten Phöniciern (Virchow[13]). Selbst der vorübergehende Aufenthalt der Juden in Aegypten sowie die langsame, schrittweise Art ihres Vordringens (petit acclimatement) wird auf die Ausbildung ihrer Akklimatisationstüchtigkeit nicht ohne Einfluß gewesen sein (Bertillon[14]).

Den Hauptausbreitungsbezirk der Juden bildeten übrigens von jeher die Mittelmeerländer, von wo aus sie allmählich in das Herz Europas eindrangen und sich schließlich bis zum höchsten Norden ausgedehnt haben; ihr Vordringen war also vorzugsweise nach kälteren Gegenden gerichtet, für welche wesentlich leichtere Akklimatisationsbedingungen angenommen werden. Die Akklimatisationsfähigkeit der Juden wird deshalb von Bertillon[15] nicht über diejenige der arischen Völkerfamilien überhaupt gesetzt.

Unter den europäischen Nationen der Gegenwart macht sich ein wesentlicher Unterschied zwischen den Völkern des südlichen und denjenigen des nördlichen Europa bemerkbar, ein Unterschied, der von sämtlichen Autoren bestätigt wird.

Trotzdem sind sie alle Abkömmlinge der alten arischen Völkerfamilie, der de Quatrefages[16] eine besondere Befähigung für die Akklimatisation zuschreibt; er leitet diese von den großen vorgeschichtlichen Wanderungen her, welche die Arier, von einer gebirgigen Gegend Centralasiens ausgehend, in westlicher (Europa) und südlicher (Indien) Richtung ausgeführt haben. Die heutigen Hindus sowohl wie die heutigen Europäer, beide Abkömmlinge der alten Arier, seien doch für ihre Länder entschieden akklimatisiert und hätten sich also als wahre Kosmopoliten gezeigt. Auch die Zigeuner (Zingari) seien ein derartiges Beispiel für den Kosmopolitismus der Arier; nachdem sie zu einer unbestimmbaren Zeit Indien verlassen hatten, zeigten sie sich im Jahre 1417 zuerst in Böhmen und zählten damals 8000 Individuen; schon 1722 waren sie dort mit 50000 Köpfen vertreten, und heute sind sie fast so universell verbreitet wie die Juden (de Quatrefages[16]). Als Beispiel einer akklimatisierten Rasse werden auch immer die petits-blancs auf Bourbon angeführt; es sind dies die Reste der dort vor 200 Jahren eingewanderten Franzosen, welche, zu arm, um sich zur Ackerbereitung fremde Kräfte zu verschaffen, selbst den Boden bebauten und ihr Blut bis auf den heutigen Tag rein erhielten; sie erfreuen sich als Ackerbauer und Jäger der vollkommensten Gesundheit und stehen gegenwärtig in höchster Blüte. Nicht akklimatisiert sind dagegen die jetzigen Bewohner der Städte, die Nachkommen also des wohlhabenderen Teiles der eingewanderten Franzosen; sie haben nie selbst ihren Acker bestellt und sie sind es, welche die hohe Sterblichkeitsziffer der Insel liefern (Quatrefages[16] p. 611).

Am interessantesten ist von den angeführten Beispielen das letztere, gegen das auch zugleich am wenigsten ein Einwand erhoben werden kann, höchstens derjenige, daß auf einer kleinen Insel wie Bourbon die Akklimatisation an und für sich bereits viel günstigere Chancen bieten mußte.

Bei den ersteren Beispielen erregen die gänzliche Unkenntnis über Anfang und Hergang der arischen Völkerbewegung Bedenken; außerdem ist hervorgehoben worden, daß, wenn dieselbe wirklich in der gedachten Weise erfolgte, sie doch immer schrittweise vor sich gegangen sein müßte; also hätten hier die Vorteile des petit acclimatement in ganzem Umfange bestanden (Hirsch[17]).

Von den südeuropäischen Nationen haben sich Spanier, Portugiesen, Malteser und in gewissem Grade auch die Italiener und Levantiner in hervorragendem Maße akklimatisationsfähig gezeigt. Auf Cuba und Portorico haben sich die Spanier in 3 oder 4 Generationen stark vermehrt.

Die spanische Bevölkerung ist auf Cuba in einem Jahrhundert von 90000 auf 800000 angewachsen; ihre Mortalität betrug in den Jahren 1849—1857 nur 24 ‰, die Geburtsziffer war sogar 41 ‰ (Felkin[18]); damit kontrastiert die Sterblichkeit der französischen Truppen, welche infolge der verheerenden Wirkungen des Gelbfiebers während dieser Zeit 72 ‰ betrug (Bertillon[15]). Auf Portorico ist die europäische Bevölkerung in den Jahren 1851—1867 von 188970 auf 300406 Köpfe angewachsen (Bertillon[15]). Auch in Peru, Chile, Brasilien und Mexiko sind die Ansiedlungsversuche der iberischen Nationen von entschiedenem Erfolge begleitet gewesen.

Die Italiener erhalten sich ausgezeichnet in den tropischen Gebieten von Nord- und Süd-Amerika (Felkin[18]). In Aegypten sind die Kinder der Levantiner und Juden die einzigen dort gedeihenden (Fritsch[19]).

Diese Bevorzugung der südeuropäischen Stämme ist vielleicht zu einem Teil durch die eigentümliche geographische Lage der Mittelmeerländer zu erklären, deren Temperatur durch das vorgelagerte afrikanische Festland sowie durch die relative Abgeschlossenheit des Mittelländischen Meeres gegen den Ocean wesentlich erhöht wird. Im Durchschnitt beträgt dieselbe 14—18° C. (in Spanien noch mehr), während die gleiche durchschnittliche Jahrestemperatur in Südafrika und Südamerika erst unter dem 20. Breitengrade auftritt, anstatt wie hier unter dem 40. (Pfannschmidt[20]). So sind die Bewohner der Mittelmeerländer (Italiener, Spanier, Portugiesen) an eine höhere Durchschnittstemperatur der Luft gewöhnt, als ihnen nach ihrem Breitengrade eigentlich zukommen würde. Mehr noch fällt der Umstand ins Gewicht, daß die iberischen Nationen aus einer Mischung verschiedener akklimatisationstüchtiger Elemente hervorgegangen sind, an der die Phönicier (Semiten) und Mauren (Araber) einen Hauptanteil haben (Virchow[13], Bertillon[14]). Auch die Malteser gehören in diesem Sinne zu den Mischvölkern. Diese Neigung, Verbindungen mit anderen Völkern einzugehen, haben sich die iberischen Nationen, nur zum Vorteil für ihre kolonisatorischen Unternehmungen, bis auf den heutigen Tag bewahrt, und aus dieser intensiven Durchmischung ihres Blutes mit dem der eingeborenen Völker erklären sich am ehesten ihre großen Akklimatisationserfolge.

Nach Joest[21] kann man die gegenwärtigen Portugiesen in ihren sämtlichen Kolonien ausnahmslos als Mischlinge ansehen.

Dem Urteile aller hervorragenden Forscher zufolge sind die **Kreuzungen mit den eingeborenen Rassen** ganz wesentlich dazu angethan, die Akklimatisation der weißen Rasse zu erleichtern; es bilden sich dann am ehesten diejenigen körperlichen Eigentümlichkeiten heraus, welche dem Europäer den Aufenthalt unter einem fremden Klima erträglich machen, und „auf diese Weise ändert sich die Rasse in viel strengerem Maße, als durch Darwin's Selektion oder andere Einflüsse“ (Virchow[22] p. 213). Die Kreuzung der sich ansiedelnden Europäer mit eingeborenen Frauen hält Overbeck de Meyer[23] geradezu für ein notwendiges Mittel zur „Naturalisation“, schon aus dem Grunde, weil die weiße Frau viel zu schnell welkt und alt wird.

Welche Nationalitäten sich besonders zu Kreuzungen eignen, ist nicht von vornherein ausgemacht. „Der französische Mulatte auf Guadeloupe ist kräftig, der englische auf Jamaica stirbt aus“ (Bastian[24] p. 193); liegt das an der Verschiedenheit des Franzosen und des Engländers? Oder wirken hier andere klimatische, kulturelle Ursachen und Zufälligkeiten unbekannter Art mit?

Die Engländer haben sich von allen kolonisierenden europäischen Nationen am wenigsten gemischt, und dies mag zum Teil wohl der Grund sein, weshalb sie nur geringe kolonisatorische Erfolge zu verzeichnen haben, obgleich sie nach der Ausbreitung ihrer Handelsbeziehungen und dem Umfange ihres Kolonialbesitzes zur Akklimatisation am berufensten erscheinen. „It is an admitted fact, that the British have not been able up to the present time, to permanently colonise in the tropics“ lautet das Urteil ihres eigenen Landsmanns (Felkin[18] p. 158). Nicht viel günstiger wird über das alte kolonisierende Volk der Holländer geurteilt; van der Burg, Gronemann, Beyfuß[25] geben übereinstimmend an, in Niederl. Indien die europäische Rasse rein niemals über die dritte bis vierte Generation hinaus angetroffen zu haben, wenngleich sie die Möglichkeit einer weiteren Geschlechtsfolge in den klimatisch günstigeren, höher gelegenen Gegenden nicht gänzlich in Abrede stellen wollen.

Der Grund für die kurze Generationsfolge der Europäer in Niederl. Indien ist einmal in dem Umstand zu suchen, daß zahlreiche Familien nach Europa zurückkehren, wenn sie ein paar Jahrzehnte in den Kolonien gelebt und sich etwas erworben haben; andererseits aber geht das reine europäische Element in Indien sehr bald verloren durch das Hinzutreten von Eingeborenenblut; es entstehen so die als Eurasier, Australasier bekannten Mischprodukte.

Von der französischen Nation ist eine Kolonisation in größerem Maßstabe in Algier seit 1830 versucht worden; die Aussichten waren in den ersten Jahren wenig ermutigend; die Sterblichkeit der Franzosen belief sich in den Jahren:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1835—36 | auf | 56 | ‰ | (Hirsch[17] p. 158) |
| 1847 | „ | 50,8 | „ | |
| 1849 | „ | 101,5 | „ | |
| 1851 | „ | 64,5 | „ | |
| 1853 | „ | 47,8 | „ | (Boudin[2] p. 313) |
| 1855—56 | „ | 43 | „ | (Mondière[26] p. 269) |

Die Zahl der Geburten stellte sich

1835—36 auf 40 ‰
1855—56 auf 41 „

sodaß die Geburtsziffer hinter der Mortalitätsziffer bedeutend zurückblieb. Im Jahre 1857 schrieb darüber Boudin[27]: „l'acclimatement du Français en Algérie à l'état d'agriculture n'a que la valeur d'une simple hypothèse."

In den letzten Jahrzehnten scheint nun dort eine Wendung zum Besseren eingetreten zu sein, sodaß die französischen Autoren (Treille[28], Rochard[29]) die Akklimatisation ihrer Nation in Algier als nunmehr erreicht ansehen. Während in den Jahren 1835—36 und 1855—56 auf 100 Todesfälle nur 71 bezw. 95 Geburten kamen, ergeben die Zahlen von Ricoux[30] jetzt für das Jahr 1884 120 Geburten auf 100 Todesfälle.

„Encore deux ou trois générations, et le Français créole vivra en Algérie tout comme ses ancêtres ont vécu en France" ist die Hoffnung, welche de Quatrefages[16] (p. 692) für die Akklimatisation der Franzosen in Algier hegt.

Gerade aber auch in Algier haben sich die Franzosen gegenüber den südeuropäischen Völkern im Nachteil gezeigt. Die Statistiken dieser letzteren ergeben fortlaufend, vom Jahre 1835 an, stets günstigere Mortalitäts- und Geburtsziffern. Die Spanier, Malteser und Italiener rangieren in den Ricoux'schen Zahlen[30] des Jahres 1884 mit 136, 165 und 128 Geburten auf 100 Todesfälle. Die Maltesen bekundeten in Algier ein großes Uebergewicht sogar über die Spanier; in der berüchtigten Provinz Constantine gedeihen sie allein von allen anderen Nationen (Bertillon[15]).

Die Deutschen haben sich in der Akklimatisation für tropische Gebiete bisher noch nicht genügend erprobt; in der Statistik von Algier kommt ihre Mortalität derjenigen der Franzosen gleich oder übertrifft sie sogar; im Jahre 1855—56 belief sich die Zahl der Geburten (auf 100 Todesfälle gerechnet) bei den Deutschen sogar nur auf 55, bei den Franzosen auf 95.

Helfft[31] (p. 315) citiert folgende Angabe des Dr. Saulnier in Bezug auf einen unglücklichen Kolonisationsversuch der Deutschen in Brasilien: „Als Don Pedro dem brasilianischen Thron entsagte (1831), wurden zwei Bataillone deutscher Truppen nach ihrer Auflösung durch Ueberweisung von Ländereien zwischen Pernambuco und Minas entschädigt; trotz aller nur möglichen Unterstützung seitens der brasilianischen Regierung starben sämtliche innerhalb eines Jahres" . . . „bei den Feldarbeiten waren sie stets den schädlichen Emanationen des Bodens ausgesetzt gewesen".

Nur in dem subtropischen Rio Grande do Sul (ca. 30°) haben die Deutschen eine erfolgreiche Kolonisation zu verzeichnen; sie haben es daselbst innerhalb 45 Jahren von 120 Familien auf 120000 Seelen gebracht (Rochard[29]); hier sowohl wie in den benachbarten Laplata-Staaten sind Malariakrankheiten fast unbekannt (Mähly[32]).

Ueber die neuesten deutschen kolonisatorischen Unternehmungen an der Ost- und Westküste Afrikas sowie auf Neu-Guinea liegt eine zu kurze Beobachtungszeit vor, als daß man endgiltig über die

22*

Akklimatisationsfähigkeit der Deutschen in diesen Gegenden urteilen könnte. Die dort lebenden Deutschen erkranken in einem sehr großen Prozentsatz und erleiden an ihrer Gesundheit häufig genug dauernde Störungen; doch darf das nicht wunder nehmen, wenn man bedenkt, wie gerade die Anfangsstadien auch anderer Kolonien in den Tropen überall die größten Opfer an Gesundheit und an Menschenleben erheischten. An eine Kolonisation dieser Gebiete ist deshalb vorläufig gar nicht zu denken; es wird sich hier für Jahrzehnte hinaus immer nur darum handeln können, die Akklimatisation der einzelnen Individuen im Auge zu behalten.

Nur für das bereits subtropische Südwest-Afrika ist, nach den kolonisatorischen Erfolgen im benachbarten Kaplande zu urteilen, auf günstigere Akklimatisationsbedingungen mit Wahrscheinlichkeit zu rechnen. Das Beispiel von Australien lehrt übrigens, daß die Deutschen in gesunden tropischen Ländern gerade so gut akklimatisationsfähig sind wie andere Nationen; in der nördlichen tropischen Provinz Queensland stellen die Deutschen einen erheblichen Bruchteil der Bevölkerungsziffer dar. Ich selbst habe Landsleute angetroffen, welche dort seit mehreren Jahrzehnten angesiedelt waren und sich nebst Frauen und Kindern der besten Gesundheit erfreuten.

### c) *Individuelle Disposition.*

Haben wir bisher gezeigt, wie den verschiedenen Menschenrassen und Nationalitäten verschiedene Akklimatisationskräfte innewohnen — Virchow[13] spricht von den weniger akklimatisationstüchtigen als von vulnerablen Rassen — so bleibt uns noch übrig, über die bereits mehrfach angedeutete individuelle Disposition für den Akklimatisationsvorgang einige Beobachtungen anzuführen. Es ist eine überall gemachte Erfahrung, daß sich in einer bestimmten Zahl von Individuen unter ganz gleichen äußeren Bedingungen stets einige finden, welche als bevorzugte gelten können. In Malariagegenden besitzt der Einzelne oftmals eine besondere, nicht näher gekannte Widerstandsfähigkeit gegen die Malariainfektion, während die Mehrzahl nicht unerhebliche Störungen durch sie erfährt. Für diese günstige Disposition des einzelnen Individuums giebt es keine ersichtlichen Anzeichen; sie tritt vielmehr oft erst zu Tage an dem neuen Aufenthaltsorte. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß sich die Zahl dieser Bevorzugten ausschließlich aus jugendlichen, hereditär nicht belasteten, gesunden und lebensfrischen Elementen zusammensetzt. Für kolonisatorische Unternehmungen ist es wichtig, möglichst viele solcher akklimatisationstüchtigen Individuen ausfindig zu machen und sich dieselben um jeden Preis zu erhalten. Denn gerade im Beginn der Kolonisation hat der Einzelne einen besonders schweren Ansturm der verschiedenen klimatischen Faktoren auszuhalten, zu denen auch noch der Mangel an hygienischen Einrichtungen und das Fehlen jeglichen Lebenskomforts sich gesellt.

Die individuelle Akklimatisationsfähigkeit ist sonst natürlich abhängig von Alter und Geschlecht. Am günstigsten ausgerüstet für die Uebersiedelung nach den Tropen ist das jugendliche Mannesalter, in dem sich der Körper in der Fülle des Lebens („la plénitude de la vie" Rochard[29]) befindet, d. h. nicht unter 23 Jahren und

nicht über 40; zu junge Leute sind nicht hinlänglich widerstandsfähig gegen die ungewohnten Strapazen und Gefahren des neuen Lebens, zu alte Leute nicht elastisch genug, um beiden energisch gegenüberzutreten. Säuglinge sterben leicht an den Folgen der Dentition oder an Ernährungsdiarrhöen (Rochard[29]), weshalb man die Kinder in den Tropen erst am Ende des zweiten Lebensjahres zu entwöhnen pflegt; bleiben sie am Leben, so werden sie meist sehr kräftig, als das „resultat d'une sélection" (Rochard[29]).

Kommen die Kinder älter, im 7. bis 8. Jahre in die Kolonien, so sind sie nicht in der günstigen Lage der überlebenden Säuglinge; sie werden dann leicht anämisch und sind Malariakrankheiten in besonders hohem Grade ausgesetzt; eine Rückkehr in die Heimat wird daher oft notwendig. Greise halten sich häufig vorzüglich gut; sie bekunden, wie es sich mir an einigen Beispielen gezeigt hat, eine besondere Widerstandskraft gegenüber der Malariainfektion. Frauen vertragen das Klima schlechter, als Männer; ihre mehr häusliche Thätigkeit bringt es zwar mit sich, daß sie Malariainfektionen im Ganzen seltener ausgesetzt sind, deshalb auch weniger Todesfälle zu verzeichnen haben; aber sie leiden mehr unter den rein klimatischen Einflüssen in den Tropen; sie werden leicht blutarm und nervös; Schwangere abortieren häufig, Stillende verlieren die Milch; alle magern ab, leiden häufig unter menstruellen Störungen und uterinen Erkrankungen und werden zu einem großen Teil unfruchtbar. Es scheint, als ob gerade das Geschlechtsleben der Frau durch die Tropen ungünstig beeinflußt werde; andererseits aber ist auch umgekehrt zu sagen, daß gerade durch die hohen Anforderungen, welche das Geschlechtsleben an die Frau — gegenüber dem Manne — stellt, ihre Widerstandsfähigkeit gegen klimatische Einflüsse herabgesetzt wird. Ob dem Temperament des Menschen ein Anteil an der individuellen Akklimatisationsfähigkeit zuzuschreiben sei, dürfte um so weniger zu entscheiden sein, als die Einreihung des einzelnen Menschen unter die Gesichtspunkte eines bestimmten Temperaments doch in den seltensten Fällen zu glücken pflegt. Höchstens kann man in diesem Sinne von ruhigen und besonnenen, andererseits von unruhigen, unbesonnenen, leichtsinnigen Personen reden; die ersteren befinden sich natürlich, wie überall, im Vorteil. Daß die Kränklichkeit der europäischen Frauen in den Tropen die Männer mehrfach veranlaßt, sich der gesunderen eingeborenen Frau zuzuwenden und daß somit die Akklimatisation der europäischen Rasse oftmals an der geschlechtlichen Untüchtigkeit der Frauen scheitert, daß weiterhin dadurch der Grund zu Rassenmischungen fortwährend gegeben wird, ist bereits angeführt worden.

1) **Hindorf**, *Ueber Viehzucht und Viehhaltung in unseren Kolonien. D. K. Ztg.* (1892) *No.* 5.
2) **Boudin**. *Recherches sur l'acclimatement des races humaines sur divers points du globe. Ann. d'hyg. Paris* (1860) 2. *Ser.* 13. *Bd.* 310—341.
3) **L. Martin**. *Aerztliche Erfahrungen über die Malaria der Tropenländer, Berlin* 1889.
4) **A. Jousset**, *Traité de l'acclimatement et de l'acclimatation, Paris* 1840.
5) **O. Schellong**, *Beitrag zur Kenntnis der Anthropolog. d Papuas. Zeitschr. f. Ethnolog.* (1891).
6) **Daubler**, *Wirkg. d. Tropenklim. auf d. menschl. Organism. etc., Berl. kl. Woch.* (1888) *No.* 21
7) **Glogner**. *Ueber einen physiolog. Unterschied der Haut der Europäer und der Malayen. Virch. Archiv* 116. *Bd. Heft* 3.
8) **V. Lehmann**, *Phys. d. Tropenbewohners, Berl. kl. Wochenschr.* (1893) *No.* 22.
9) **H. Buchner**. *VI. int. Kongr. f. Hyg. u. Demograph., Wien* 1887, *Hyg. Sektion.*

10) Corre, *De l'acclimatement dans la race noire africaine, Revue d'anthropol.* (1882).
11) Daubler. *Chirurg. Studien in Afrika, Virch. Arch.* 1, 15. *Bd. H.* 2.
12) O. Schellong, *Malariakrankheiten, Berlin, Jul. Springer*, 1890.
13) R. Virchow, „*Ueber Akklimatisation*", *Verh. d. Vers. d. Naturf. und Aerzte in Strafsburg* 1885.
14) A. Bertillon, „*Acclimatement*" *im Dict. d. sciences anthropologiques* (*Bertillon, Coudereau*), *Paris* 1884.
15) Bertillon, „*Acclimatement*", *Dict. encyclop. d. sc. méd. Paris* 1864.
16) A. de Quatrefages, *L'acclimatation des races humaines, Rev. d. denx mondes, Paris* (1870).
17) A. Hirsch, „*Akklimatisation und Kolonisation*", *Verh. Berl. Anth. Gesellsch* (1886) 156.
18) R. W. Felkin, *Tropical highlands: their suitability for European settlement, in Transact. of the VII. int. Congr. of Hyg. and Demograph., London* 1891.
19) Fritsch, *Verh. Berl. Ges. f. Anthropolog. etc.* (1885) 257.
20) V. Pfannschmidt, *Klimaunterschiede gleicher Breiten, Sammlg. gem.-wiss. Vorträge H.* 159.
21) Joest, *Verh. Berl. Ges. f. Anthropolog. etc.* (1885) 475.
22) R. Virchow, „*Akklimatisation*", *Verh. Berl. G. f. Anthropolog. Ethnolog* (1885) 202
23) van Overbeck de Meyer, *De la colonisation européenne dans les pays chauds. Rapport Congres int d. médecine de Colon.*, 1883, *in V.-H. Jahrb.* (1883) 1. *Bd.* 339.
24) Bastian, *Klima und Akklimatisation nach ethnischen Gesichtspunkten, Berlin* 1889.
25) Beyfufs, *Verh. Berl Ges. f. Anthrop- etc.* (1886) 90.
26) Mondière, *Discuss. sur l'acclimatement, Bull. soc. anthropolog. Paris* (1886).
27) Boudin, *Traité de géographie et de statistique médic., Paris* 1857, *cit. bei Rochard* [29].
28) G. Treille, *De l'acclimatation des Européens dans les pays chauds; Comptes rendus d. VI. Congrès internat. d'hygiène, Wien* 1888
29) E. Rochard, *Acclimatement, in d. Encyclopédie d'hygiène: Jul. Rochard* 1. *Bd. Paris* 1890.
30) Ricoux, *cit. bei Mondière* [26].
31) Helfft, *Von der Akklimatisation des Europäers in den Tropen, Deutsche Klinik, Berlin* (1850) 2. *Bd.* 303.
32) E. Mähly, *Ueber Akklimatisation, VI. int. Congr. f. Hyg. u. Demogr., Wien* 1887 (*Hyg. Sekt.*).

## 6. Die Akklimatisationsbedingungen einzelner Gegenden der Erde nach der Statistik.

Wenn wir nach den voraufgegangenen Ausführungen an den Versuch herantreten, die Akklimatisationsbedingungen der verschiedenen Länder der Erde kennen zu lernen, so bietet sich uns dazu als wichtigstes und oftmals einziges Hilfsmittel die Statistik; wir ziehen besonders die Mortalitätsziffern zu Rate und entnehmen daraus unser Urteil über die Salubrität einer bestimmten Gegend.

Diejenigen Klimate können als gut gelten, in welchen die Mortalität nicht viel mehr als 20 ‰ beträgt; als schlecht sind jene anzusehen, in denen dieselbe weit höher, etwa auf 60 ‰ steigt (Felkin [1])*).

Da es hauptsächlich auf die Erörterung der Sterblichkeitsziffer ankommen wird, so ist es nicht unwichtig, zunächst einige Zahlen aus der Mortalitätsstatistik der europäischen Länder kennen zu lernen. Die Mortalität betrug:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| in Norwegen | (1888) | 16,9 ‰ | in London | (1887) | 19,6 ‰ |
| im Deutschen Reich | (1888) | 23,0 „ | in Manchester | (1887) | 28,7 „ |
| in Italien | (1888) | 26,8 „ | in Berlin | (1889) | 23,1 „ |
| in Ungarn **) | (1887) | 33,5 „ | in St. Petersburg | (1878/80) | 51,4 „ |
| in Spanien **) | (1887) | 31,1 „ | in Rouen | (1878/80) | 31,1 „ |

*) Eine grofse Mangelhaftigkeit der statistischen Angaben tritt freilich gerade in denjenigen Gebieten zu Tage, auf die es uns für die Akklimatisationsfrage vorzugsweise ankommt; auch sind die Statistiken der verschiedenen Länder nicht überall nach den gleichen Gesichtspunkten gehandhabt. Es ergiebt sich daraus für uns zur Zeit die absolute Unmöglichkeit, lediglich mit Hilfe der Statistik zu bindenden Schlüssen zu gelangen. Trotzdem soll in folgendem vorzugsweise das statistische Material der verschiedenen Länder, soweit es mir zugänglich gewesen ist, zusammengestellt werden.

**) Die beiden Angaben rühren von Stockvis [2] her, die übrigen Zahlen von Felkin [1].

Amerika.

Jamaica[3]. Die Soldatensterblichkeit während der Jahre 1820 bis 1836 betrug hier noch 121 auf 1000 Europäer, 30 auf 1000 Neger (Stockvis[2]). Allmählich sind günstigere Verhältnisse eingetreten. Die Bearbeitung der Zncker- und Kaffeeplantagen auf Jamaika erfolgt durch indische Kulis, welche seit den sechziger Jahren regelmäßig eingeführt und auf einen 10-jährigen Vertrag verpflichtet werden; von den 1860 eingeführten 592 Kulis waren nach Ablauf von 10 Jahren, also 1870, 121 = $^1/_5$ oder 20,4 Proz. gestorben. Durch das freiwillige Zurückbleiben aber eines großen Teils der Kulis über die Vertragszeit hinaus, sowie durch fortgesetzte neue Einfuhr ist die indische Bevölkerung auf Jamaica in fortwährendem Anwachsen begriffen; sie belief sich 1871 auf 9000, 1880 bereits auf 15 227 Personen; unter den letzteren 7000, die freiwillig im Lande zurückgeblieben waren. Die Mortalitätsziffer der Indier im Jahre 1880 betrug 23,4 ‰, die gesamte Mortalität in dem gleichen Jahre 27 ‰; die Zahl der Geburten 38,2 ‰ unter einer Gesamtbevölkerung von 580 804 Köpfen. Im Jahre 1891 erreichte die Bevölkerung bereits die Zahl von 649 524 Köpfen; die Geburtsziffern überwiegen fortdauernd die der Mortalität (1891 : 24 744 = 38 ‰ gegen 14 711 = 22,7 ‰). Die letzteren sind, für sich betrachtet, nicht hoch zu nennen und würden noch wesentlich niedriger ausfallen, wenn die Kindersterblichkeit (1880 58,9 Proz. uneheliche) infolge der groben Vernachlässigung der Kinder seitens der Mütter nicht eine so enorme wäre (1880 86,6 ‰!). Der Gesundheitszustand in Jamaica ist demnach als ein guter anzusehen (s. auch p. 322).

Martinique, Guadeloupe. Auf Martinique begann die französische Einwanderung im Jahre 1635; die Zahl der Weißen stieg durch fortwährende Zuschübe auf 15000 Köpfe im Jahre 1740. Dann brachten die Kriege unter der Regierung Louis XV. die Immigration zum Stillstand, und seitdem findet eine fortwährende Abnahme der weißen Bevölkerung statt (Bertillon[4]), hauptsächlich auf Rechnung der Gelbfieberepidemien. Im Jahre 1769 lebten dort 12 069 Weiße, im Jahre 1848 nur deren 9500 (Mondière[5]). Die französischen Truppen haben in den Jahren 1819—1855 eine Mortalität von 91,9 ‰ zu verzeichnen (Dutroulau[6]). Nach Rufz de Lavison[19] können die französischen Familien sich nur durch Zuzüge aus dem Mutterlande erhalten. Ein Gleiches nimmt Rochoux[7] für Guadeloupe an, wo ebenfalls infolge schwerer Gelbfieberepidemien die Truppenmortalität 1819—1855 91,1 ‰ betragen hat (Dutroulau[6]). Die Akklimatisationsbedingungen sind somit auf beiden Inseln sehr ungünstig, und Bertillon spricht der französischen Rasse die Fähigkeit ab, sich daselbst endgiltig zu akklimatisieren. Anderer Ansicht ist trotzdem de Quatrefages[8], der den Glauben an die Akklimatisationsfähigkeit seiner Landsleute auch für diese Inseln nicht verliert, wenngleich die Akklimatisation auch nach ihm erst in 10 weiteren Generationen zu erwarten stände.

Barbados s. p. 326, Cuba, Porto-Rico s. p. 335.

Tobago. Die Mortalität in den Jahren 1884—1888 wird auf 19,1—27,0 ‰ angegeben (Felkin[1]).

British Honduras[9]. In Honduras werden die an der See gelegenen Plätze gegen die des Innern als die gesunderen bezeichnet. Das Land ist ausgesprochen flach, „a dead level and little better than a swa mp“

(Jahrgang 1870, p. 43). Das gilt auch von der Hauptstadt Belize, und nur dem Umstande, daß Ebbe und Flut hier ihr Spiel treiben können, sei es zu danken, daß Malariakrankheiten nicht vorkämen, obgleich sonst alle Bedingungen dafür (Hitze, Feuchtigkeit und „decaying animal and vegetable matter") vorhanden seien. Auch die „agricultur settlements" an den hohen Flußufern werden von der Seebrise bestrichen und sind vollkommen gesund. Malariafieber treten nur vereinzelt auf, treffen vorzugsweise die farbige Rasse und haben einen milden Charakter. „European may resist the effects of climate for a long period of years, without experiencing the smallest degree of sickness" (Dr. Hunter's Report, Jahrgang 1871, p. 59).

Die Plantagenarbeit (Zucker, Mais, Reis) wird von indischen Kulis ausgeführt, welche einen guten Gesundheitszustand aufweisen. Die Bevölkerung betrug

| | | |
|---|---|---|
| 1861 | 25 635 | Köpfe |
| 1871 | 24 710 | „ |
| 1881 | 27 452 | „ |
| 1891 | 31 471 | „ |

ist also in fortwährendem Anwachsen begriffen; zum Teil ist dies auf das Ueberwiegen der Geburten zurückzuführen (1891 1372 = 43,6 ‰ gegen 1242 = 39,4 ‰ Todesfälle). Die Kindersterblichkeit ist trotzdem auch hier sehr groß (1891 = 696 Fälle); sonstige Todesursachen sind: Fieber, Dysenterie, Pocken.

Guatemala. Im Jahre 1880 lebten hier im Ganzen 1466 Europäer, vorzugsweise Familien, welche zum größten Teil ihr reines Blut erhalten hatten. Das Klima wirkt anders in den flachen alluvialen Küstenstrichen, wo alle Sorten von Malariafieber epidemisch sind, anders in dem hohen Gebirgsland (2000—4000 Fuß für Kaffee- und Tabakkulturen; höher hinauf für den Anbau von Mais und europ. Cerealien), das sich einer fast vollkommenen Exemption für die Malaria erfreut und deshalb gesünder ist.

Die Hochplateaus von Centralamerika (Mexiko, Neu-Granada, Bolivia, Peru) sind durch eine gemäßigte (15—17°) und sehr konstante, nur um wenige Grade variierende Temperatur ausgezeichnet. Die Spanier haben sich auf diesen Plateaus vollkommen akklimatisiert (Bertillon[4]).

Guiana (brit. u. franz.). Die ganze Ausfuhr beruht auf dem Anbau des Zuckerrohrs; die Zahl der indischen Kulis ist enorm groß; 1870 belief sie sich auf 49 443 mit einer Mortalität von 30,6 ‰. Die Gesamtbevölkerung bezifferte sich:

| | | | | | Allgem. Mortalität | Geburtsfälle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1871 | auf | 193 491 | Köpfe | mit | 37,8 ‰ | 36,0 ‰ |
| 1880 | „ | 253 054 | „ | „ | 30,2 „ | 35,43 „ |
| 1891 | „ | 278 328 | „ | „ | 36,0 „ | 26,0 „ |

Die Sterblichheitsziffern der letzten Jahre werden in dem Bericht von 1891 als sehr hoch angegeben; sie übertreffen gewöhnlich die Geburtsziffern; das Anwachsen der Bevölkerung ist, wie es in demselben Bericht heißt, auf die Einwanderung zurückzuführen, „not to a natural local increase of the population". Die Kindersterblichkeit für sich erreicht wiederum sehr hohe Zahlen; sie macht im Jahre 1880 39,17 Proz. aller Todesfälle aus; vorzugsweise sind daran die Kinder

der farbigen Rassen beteiligt, und schuld ist zweifellos die Vernachlässigung der Negerkinder seitens der Eltern, nicht das Klima als solches.

Ungesunde Wohnungen und ungenügende Ernährung werden als Hauptursachen der Krankheiten hingestellt.

Die Akklimatisationsbedingungen für Europäer sind hier sicherlich sehr ungünstig; im Jahre 1880 zählte die Kolonie nicht mehr als 1444 Europäer.

Französ. Guiana mit seiner Hauptstadt Cayenne ist von jeher wegen seines ungesunden Klimas berüchtigt gewesen. Die Gesundheitsverhältnisse sind dort zu Anfang der französischen Kolonisation entschieden günstiger gewesen. Seit 1742 aber hat die Mortalität unter den Kolonisten von Jahr zu Jahr zugenommen: sie erreichte im neunten Jahre das 8-fache der Sterblichkeit des ersten Jahres (1742 15 ‰, 1750 125 ‰) (Bertillon[4]). Während des Zeitraumes von 1819—1849 (31 Jahre) betrug die Sterblichkeit unter den französischen Truppen in Cayenne wiederum nur 27,2 ‰; einen entschiedenen Wendepunkt zum Schlechten bringt dann das Jahr 1850, wo die Deportationen der Verbrecher ihren Anfang nehmen und die Europäer sich über die ganze Insel zu verbreiten beginnen. Die Mortalität beträgt jetzt in den Jahren 1850 bis 1855 im Mittel 90,8 ‰! (Dutroulau[6]).

Holländ. Guiana. Die Mortalität wird 1881—1885 mit 27,4 ‰ angegeben (Felkin[1]).

Insel Curaçao. Die Mortalität in den Jahren 1881—1885 beträgt 18,7 ‰ (Felkin[1]).

Vera Cruz. Die Mortalität in den Jahren 1878/80 beträgt 70,5 ‰ (Felkin[1]).

Mexico (Stadt). Die Mortalität in den Jahren 1878/80 beträgt 30,9 ‰ (Felkin[1]).

Nordamerika (Bertillon[4]). Acadia (Neu-Schottland) wurde im Jahre 1671 von 400—500 französ. Einwanderern besiedelt, welche sich trotz der Kriege und einer beträchtlichen Auswanderung auf 70 000 Köpfe vermehrt haben.

Ein gleich günstiges Verhältnis ist in Canada zu verzeichnen, wo 10 000 während der Jahre 1663—1760 eingewanderte Franzosen sich dank der großen Fruchtbarkeit der Familien, welche öfters bis 15 Kinder zählten, auf mehr als 1 Million gebracht haben. In den Vereinigten Staaten von Amerika haben die Engländer hervorragende Erfolge aufzuweisen: das jährliche Anwachsen der englischen Bevölkerung wird auf 25 ‰ geschätzt; die durch die Akklimatisation bewirkten physischen und funktionellen Veränderungen haben hier den Typus des hageren, fieberhaft arbeitenden Yankee ausgebildet.

In den südlichen Gebieten der Vereinigten Staaten ergeben sich durch das Vorherrschen von Gelbfieber, Dysenterie und Malaria bereits größere Schwierigkeiten für die Akklimatisation (Bertillon[4]).

## Afrika.

In Aegypten ist eine Akklimatisation der Europäer niemals zustande gekommen; die großartigen Anlagen der römischen Kolonisten (seit 30 v. Chr.) sind jetzt nur noch Ruinen, und die gegenwärtige Bevölkerung besteht wie vor Jahrtausenden aus Fellahs, Kopten, Beduinen, Nubiern, Abyssiniern. Die Kinder der Europäer sterben gemeinhin im

4. oder 5. Lebensjahre (Hirsch[10]); nur der Nachwuchs der Levantiner und Iuden gedeiht. Die allgemeine Mortalität während der Jahre 1886—1888 beziffert sich in Cairo auf 47,3 ‰, in Alexandrien auf 42,0 ‰ (Klimatologie[11]).

Für Ostafrika wird die Möglichkeit einer Akklimatisation der Europäer von Kohlstock[12] verneint.

Auf Zanzibar[13] herrschen ebenfalls ungünstige klimatische Verhältnisse, wenngleich sich der Gesundheitszustand seit dem Jahre 1857 wesentlich gebessert haben soll.

An der Ostküste Afrikas bieten gute Gesundheitsverhältnisse nur die bereits oben (p. 322) erwähnten abyssinischen Hochplateaus.

Die westafrikanische Küste ist für die europäische Kolonisation bisher ganz unzugänglich gewesen, selbst dem einzelnen Europäer hat das Klima dort nicht mehr als nur einen vorübergehenden Aufenthalt gestattet.

Am Senegal finden wir die mittlere Sterblichkeit der französischen Truppen während der Jahre 1819—1855 auf 106,1 ‰ (!) angegeben (Dutroulau[6]). In der Hauptstadt St. Louis gestaltete sich das Verhältnis der Todesfälle zu den Geburten während des Jahres 1835 nach Thévenot, wie folgt:

| | |
|---|---|
| für Europäer | 38.6 : 38.6 ‰ |
| „ Mulatten | 13.3 : 28.6 „ |
| „ freie Neger | 64.5 : 74.1 „ |
| „ gefangene Neger | 55.5 : 65.7 „ |

Diese Zahlen zeigen uns die große Widerstandsfähigkeit der Mulatten. Die Negerrasse ist durch außerordentlich hohe Sterbeziffern, aber noch höhere Geburtsziffern ausgezeichnet, und behauptet sich also nur durch die außergewöhnliche Fruchtbarkeit ihrer Frauen.

Die westafrikanischen Besitzungen der Engländer, Sierra Leone und Goldküste[14], sind bloße Handelsstationen; die ganze europäische Bevölkerung hier belief sich im Jahre 1870 auf nur 328 Köpfe. „The general conclusion at which I have arrived respecting the state of the public health in these settlements is, that they are unsuited for European residents“ ist das Urteil des offiziellen Berichts des Jahres 1871 (p. 19) über die klimatischen Verhältnisse der Goldküste.

Die Mortalitätsziffern der englischen Truppen sind früher die denkbar ungünstigsten gewesen. Die Sterblichkeit der Jahre 1829—1836 ergiebt 483 ‰ für die Europäer (die Malariatodesfälle, für sich betrachtet, 410.2 ‰), für die Negertruppen in der gleichen Zeit aber nur 30 ‰, was, obwohl an und für sich ebenfalls ungünstig, doch wiederum die große Ueberlegenheit dieser Rasse hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen die endemischen Malariakrankheiten bekundet. In der neueren Zeit wird die mittlere Mortalität der Europäer an der Goldküste während der Jahre 1879—1885 auf 68,0 ‰ angegeben (Felkin[1]).

Die Congoländer bilden vielleicht den ungesundesten Teil Afrikas; an eine Akklimatisation der Europäer ist hier nicht zu denken; sie erkranken ausnahmslos am Fieber mit einer hohen Mortalität (25 Proz. der kontinuierlichen Fieber) (Klimatologie[11] p. 19).

Von den afrikanischen Inseln ist Madagaskar[13] trotz ihres 4000 Fuß hohen Centralplateaus für die Akklimatisation der Europäer nicht geeignet. Fieber (tazo) herrschen fast überall, besonders in

den Thälern des Plateaus und in der zwischen der Küste und dem Centralgebirge gelegenen Landschaft. Die Europäer fühlen fortwährend den erschlaffenden Einfluß des Klimas und müssen nach spätestens 10 Jahren eine 2-jährige Erholung in anderem Klima eintreten lassen.

Mauritius[15], seit dem Jahre 1810 in englischem Besitz, ist durch das plötzliche epidemische Auftreten der Malariakrankheiten im Jahre 1866 bemerkenswert. Der bis dahin gute Gesundheitszustand der Insel verwandelte sich dadurch in das gerade Gegenteil, und es ergaben sich fortan sehr ungünstige Mortalitätsziffern: 1866 32 ‰, 1867 109,9 ‰, 1868 52 ‰, 1869 34 ‰, 1870 22 ‰; die mittlere Mortalität der Jahre 1860—1870 wird auf 43,3 ‰, mit Weglassung der drei schlimmsten Malariajahre auf 32,3 ‰ angegeben. Die günstige Sterblichkeitsziffer des Jahres 1870 erklärt sich zum Teil aus dem Umstande, daß in den Jahren unmittelbar vorher alle schwachen und nicht widerstandsfähigen Individuen weggestorben waren: „that very few of that class were left at the end of 1869“ (Berichtsjahr 1870, p. 66). An der Malariamortalität sind in allen Jahren vorzugsweise die indischen Kulis beteiligt, welche als Arbeiter für die Zuckerplantagen fortwährend in so großer Zahl eingeführt werden, daß im Berichtsjahre 1891 bereits von einer 156 591 starken indo-mauritianischen (d. h. auf Mauritius geborenen indischen) Bevölkerung neben 99 329 Indiern (natives) die Rede ist. Stellenweise ist die Insel mit indischen Elementen sogar überflutet gewesen, sodaß sich in der ungünstigen Mortalitätsziffer zum Teil die durch die Uebervölkerung („overstocked with a superabundant population“: 448 Köpfe auf 1 Quadratmeile, in dem bevölkertsten Belgien dagegen nur 430) hervorgerufene ungünstige Beeinflussung des Gesundheitsstandes ausdrückt. Während der Jahre 1870 und 1871 bildeten die Malariafieber noch 44,8 Proz. bezw. 43 Proz. der Todesursachen; trotzdem beginnen jetzt bereits die Geburten die Sterbefälle zu überwiegen.

| | Todesfälle | in ‰ | Geburten | in ‰ | Bei Gesamtbevölkerung von |
|---|---|---|---|---|---|
| 1862 | 13 719 | — | 10 837 | — | — |
| 1867 | 40 114 | 109 | 10 568 | — | — |
| 1870 | 7 426 | 22,5 | 11 157 | 33 | 328 633 |
| 1871 | 8 171 | 25,8 | 11 803 | 37 | 316 042 |
| 1880 | — | 28,1 | — | 37,1 | 359 988 |
| 1891 | — | 26,9 | — | 37,4 | 370 588 |

Die Gesamtbevölkerung ist also in stetigem Wachstum begriffen. Eine Kolonisation im eigentlichen Sinne ist für Europäer auf Mauritius nicht denkbar; die ganze Ausfuhr beruht auf dem Anbau des Zuckerrohrs. Das einzelne Individuum kann trotzdem daselbst in voller Gesundheit leben; der Bericht vom Jahre 1891 hebt 21 Personen heraus, welche ein Alter von 100 Jahren und darüber erreicht haben. Die Sterblichkeit in Port Louis betrug während der Jahre 1886—1888 44 ‰ (Klimatologie[11] p. 11).

St. Helena mit einer mittleren Jahrestemperatur von 19°—14° C. hat in den Jahren 1826—35 eine Mortalität von nur 20 ‰ innerhalb der gesamten Militär- und Civilbevölkerung zu verzeichnen. Die Sterblichkeit der englischen Garnison beziffert sich während der Jahre 1837 bis 1856 auf nur 11 ‰. Dysenterie und Hepatitis sind relativ häufige Todesursachen (Bertillon[4]).

Cap Verdesche-Inseln. St. Helena. Réunion. Comoren s. auch p. 326.

## Asien.

Britisch-Indien[16]. Man sollte annehmen, daß für die Akklimatisation der europäischen Rasse hier günstige Verhältnisse vorhanden wären, weil daselbst ja die stammverwandten Hindus in akklimatisiertem Zustande leben. Davon scheint aber nicht die Rede sein zu können, da die Engländer eine Kolonisation im eigentlichen Sinne hier nicht zustande gebracht haben. Erst gegen den Beginn dieses Jahrhunderts hat sich in der Sterblichkeit der europäischen Truppen in Indien ein bemerkenswerter Rückgang gezeigt; betrug deren mittlere Sterblichkeit in den Jahren 1800—1830 84.6 ‰, 1830—1856 57.7 ‰, so gehen die Zahlen für die Jahre 1869—1878 auf 19.34 ‰, für 1879—1887 sogar auf 16.27 ‰ herunter (Stockvis[2]); die Soldatensterblichkeit des Jahres 1888 wird sogar nur auf 14.80 ‰ angegeben (Moore[16]). Immerhin leben die Soldaten unter besonders günstigen Verhältnissen, auch waren sie in den letzten Jahrzehnten mehrfach in den gesunden Gebirgsstationen garnisoniert. Mehr beweist das ganz enorme und trotz der fortwährenden Herrschaft von Cholera und Malaria unaufhaltsame Anwachsen der Gesamtbevölkerung Indiens, welche es von 30 Millionen im Jahre 1881 auf 285 Millionen im Jahre 1891 gebracht hat, daß eine Besserung der sanitären Verhältnisse Indiens thatsächlich eingetreten ist (Moore[16]). Gleichwohl treten in manchen Bezirken auch heute noch so erschreckend große Ziffern in der Malaria- und Kindersterblichkeit zu Tage, daß wir auf eine Akklimatisation der Europäer in absehbaren Decennien überhaupt kaum hoffen dürfen. Ja, es zeigt sich sogar in den Statistiken statt des Rückganges eine fortschreitende Zunahme der Malariasterblichkeit, so in

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bengalen | 1881 | 15.71 | ‰ | 1885 | 15.7[illegible] | ‰ | 1890 | 17.[illegible] | ‰ |
| Madras | 1866/70 | 5.2 | „ | 1871/80 | 9.1 | „ | 1881/90 | 7.7 | „ |
| Bombay | 1871 | 11.[illegible] | „ | 1881 | 16.[illegible] | „ | 1890 | 20.[illegible] | „ |
| Centralprovinzen | 1871 | 11.[illegible] | „ | 1881 | 16.[illegible] | „ | 18[illegible] | 21.76 | „ |

Freilich ist nach Moore[16] diese Zunahme nur eine scheinbare; sie sei durch die ungenauen Statistiken der vorhergegangenen Jahre zu erklären, während in Wirklichkeit vielmehr eine Abnahme der Mortalität eingetreten sei. Für die uns interessierende Frage ist die gegenwärtige Mortalitätsziffer maßgebend genug. Ein Land, dessen Kindersterblichkeit im Jahre 1890 49.[illegible] ‰ (Bengalen) bezw. 63.4 ‰ (Madras) bezw. 58.2[illegible] ‰ (Bombay) aufweist und dessen Malariamortalität allein (1881—1890)

| | | | |
|---|---|---|---|
| für | Bengalen | 15.71 | ‰ |
| „ | Madras | 7.7 | „ |
| „ | Bombay | 17.48 | „ |
| „ | Centralprovinzen | 19.12 | „ |

der Bevölkerung beträgt, ist zur Zeit für die Akklimatisation des Europäers wenig günstig.

Die allgemeine Mortalität von Madras (1887) beträgt 40.8 ‰
„ „ „ „ Calcutta (1876/80) „ 31.2 „ (Felkin[2])
„ „ „ „ Calcutta (1888) „ 29.4 „ (in d. Vorstädt. 42.5 ‰)

Günstiger ist das Klima von Ceylon, welches 1886/87 eine Mortalität von 23.8 ‰ aufweist (Felkin[2]); auch in Singapore ist die Sterblichkeit unter den Europäern wesentlich geringer, als in der Mehrzahl der europäischen Städte (Plehn[17]).

Niederländisch-Indien zeigt nach den Statistiken der niederländisch-indischen Armee aus Java und Sumatra ebenfalls ungünstige klimatische Verhältnisse. Auch hier ist ein Rückgang der Truppensterblichkeit seit Beginn des Jahrhunderts bemerkbar; betrug sie 1819 bis 1828 noch 170 ‰ für Europäer, 138 ‰ für Eingeborene, so beläuft sie sich jetzt, 1879—1888, auf 30,6 ‰ für die Europäer, auf 40,7 ‰ für die Eingeborenentruppen (Stockvis[2]). Eine zuverlässige Beurteilung der normalen Gesundheitsverhältnisse von Niederländisch-Indien auf Grund dieser Statistiken ist jedoch um so weniger möglich, als die Zahlen durch fortwährende Kriege (Atjeh) und Choleraepidemien sehr wesentlich beeinflußt werden und andere Statistiken als die für das Militär in Niederländisch-Indien nicht überall zu existieren scheinen. Die Mortalität in Batavia wird für die Jahre 1879—88 auf 30,6 ‰ angegeben (van der Burg[18]); von den Autoren wird übereinstimmend weder Java noch Sumatra für die Akklimatisation der Europäer als geeignet angesehen.

Australien.

Queensland. S. darüber p. 326.

1) **R. W. Felkin**, *Tropical highlands: their suitability for European settlement, in Transact. of the VII int. Congr. of Hyg. and Demograph., London* 1891.
2) **Stoekvis**, „*Vergleichende Rassenpathologie*", *Sonderdruck aus Verhandlg. X. int. med. Kongr., Berlin, Hirschwald*, 1890.
3) *Papers relating to her Majesty's colon. possess: Jamaica, Jahrg.* 1870, 1871, 1880, 1891.
4) **Bertillon**, „*Acclimatement*", *Dict. encyclop. d. sc. méd. Paris* 1864.
5) **Mondière**, *Discuss. sur l'acclimatement, Bull. soc. anthropolog. Paris* 1886.
6) **Dutroulau**, *Traité des maladies des Européens dans les pays chauds, Paris* 1861.
7) **Rochoux**, „*acclimatement*" *du Dict. de médecine en* 30 *volum* (*bei Rochard* [7]).
8) **A. de Quatrefages**, *L'acclimatation des races humaines, Rev. d. deux mondes, Paris* (1870).
9) *Papers rel. t. her Maj. possess., Honduras, Jahrg.* 1870, 1871, 1891.
10) **A. Hirsch**, „*Akklimatisation und Kolonisation*", *Verh. Berl. Anth. Gesellsch.* (1886) 156.
11) **O. Schellong**, *Klimatologie der Tropen, Berlin* 1891.
12) **Kohlstock**, *Aerztl. Ratgeber, Berlin* 1891.
13) *Deutsche Kolonialzeitung, Spezialheft* (1886).
14) *Papers rel. t. her Maj. colon. possess. Sierra Leone* 1870, *West African settlements* 1871.
15) *Papers rel. t. her Maj. colon. possess. Mauritius, Jahrg.* 1870, 1871, 1880, 1891.
16) *Sir* **Will. Moore**, *Sanitary progress in India, Transact. VII. int. Congr. Hyg. and Demograph., London* 1891.
17) **F. Plehn**, *Beitrag zur Patholog. d. Tropen etc., Virch. Arch* (1892) 129. *Bd. H.* 2.
18) **van der Burg**, *To what extent are tropical altitudes adapted for settlement by Europeans? Transact. of the VII. int. Congr. f. Hyg. a Demograph., London* 1891.
19) **Rufz de Lavison**, *Etudes historiques sur la Martinique*, 1850, *cit. bei Rochard: Acclimatement, in d. Encyclopédie d'hygiène: Jul. Rochard* 1. *Bd. Paris* 1890.
20) *Papers rel. t. her Maj. possess., British Guiana, Jahrg.* 1870, 1871, 1880, 1891.

## 7. Tropenhygiene.

Solange überhaupt Tropenkolonien existieren, ist man sich auch des großen Nutzens bewußt gewesen, welchen das Dazuthun des Menschen, die Ausführung hygienischer Maßnahmen oder die Befolgung bestimmter sanitärer Vorschriften auf den Gesundheitszustand einer Gegend ausüben können. In der Auffindung des Richtigen ist man zunächst rein empirisch verfahren, und erst in der neueren Zeit beginnt sich ein wissenschaftlicher Zug bemerkbar zu machen, der in weiterer Entwickelung zu einem selbständigen Wissenszweig der Tropenhygiene, zu

führen verspricht. Was einem in den Tropen von alten Kolonisten, welche die Ueberlegenheit der Erfahrung für sich zu haben glauben, als nützlich gepredigt wird, ist vielfach höchstens nicht schädlich, und das Brauchbare, positiv Heilsame wird als solches nicht immer erkannt. Dem Vorurteil sind in den Tropen noch überall Thür und Thor geöffnet; die Diskussion hängt sich vielfach an nebensächliche Dinge, und so nur ist es erklärlich, daß über Selbstverständliches, über Dinge, die sich jeder, der auch nur ein paar Wochen unter der Tropensonne lebt, ganz von selbst sagen muß, noch immer so viel geredet und geschrieben wird.

Für die uns beschäftigende Frage der Akklimatisation ist die Hygiene ohne Zweifel berufen, wesentlich förderlich mitzuwirken.

„L'hygiène est l'arsenal où l'organisme humain puise les armes les plus efficaces, pour soutenir la lutte qu'il engage avec les forces cosmiques d'un climat qui lui est étranger, lutte qui doit aboutir à l'acclimatement" (Dutroulau[1] p. 118), und die Beachtung der tropenhygienischen Gesetze wird die Akklimatisation auch selbst für ungünstige tropische Gegenden zu erleichtern, die individuelle Akklimatisation oftmals zu bewirken vermögen. Eine besondere Wichtigkeit wird der Hygiene von Ribeiro[2] beigelegt, wenn er sich sogar in Bezug auf die Aussichten des centralen Afrika (!) äußert (p. 74): „l'avenir de l'Afrique centrale dépend enfin surtout de l'instruction des colons et de tous les emigrants qui vont s'y établir." de Quatrefages[3] ist die ganze Akklimatisation „en grande partie une simple question d'hygiène".

Sehen wir uns aber um, was für besondere hygienische Maßnahmen bisher in den Tropen verlangt wurden, so gelangen wir bald zu der Ansicht, daß sich die Forderungen der Tropenhygiene garnicht so wesentlich von denjenigen der allgemeinen Hygiene unterscheiden, daß sie vielmehr mit geringen Zusätzen oder Abänderungen diejenigen der allgemeinen Hygiene sind:

Man soll darauf hinarbeiten, daß der Boden trocken, die Wohnung geräumig und gut ventiliert, die Kost kräftig, der Lebensgenuß mäßig sei; so wird den Vorschriften der Tropenhygiene im wesentlichen entsprochen sein.

Auf eine besondere Erörterung der Frage, wie man sich gegen die meteorologischen Eigentümlichkeiten des Tropenklimas, gegen Hitze und Niederschläge zu schützen habe, kann an dieser Stelle verzichtet werden, da dieser Gegenstand bereits mehrfach ausführlich behandelt ist und die Kenntnis der hier in Betracht kommenden Dinge, wie der Art des Häuserbaues, der Kleidung und der besonderen Lebensweise in den Tropen, bereits allgemein verbreitet sein dürfte*). Ob der Einzelne Wolle oder Baumwolle besser verträgt, wird er am besten selbst herausfinden; die Akklimatisationsfrage wird durch solche Dinge nicht weiter berührt. Die Hausanlage wird sich natürlich dem ortsüblichen Brauch anzupassen haben, wie überhaupt der Brauch einer Gegend bei der Mehrzahl aller praktisch daselbst aufstoßenden Fragen im wesentlichen ausschlaggebend sein muß. Neuerungen und Verbesserungen werden sich ganz von selbst auf dem Wege der Praxis herausbilden, und es wird sich die Tropen-

*) Ich darf hier auch auf meine in der Deutsch. Kolonialzeitung Jahrgang 1888 No. 43, 45 und 46 gemachten Ausführungen verweisen.

hygiene nur insoweit damit zu befassen haben, als sie das Neue registriert und wiederum theoretische Anregung zu weiteren Neuerungen und Besserungen giebt.

Ganz anders liegt die Aufgabe der Tropenhygiene gegenüber der anderen und wichtigeren Seite der Akklimatisationsfrage, gegenüber der Akklimatisation für pathologische bezw. tropisch-infektiöse Einflüsse. Hier hat die wissenschaftliche Forschung, das Experiment, die Theorie einzusetzen, und hier wird dermaleinst die hygienische Wissenschaft ihre größten Triumphe feiern, wenn es einmal gelungen sein wird, die Erreger der Malaria (Plasmodien) außerhalb des menschlichen Körpers anzutreffen und auch außerhalb des menschlichen Körpers zu bekämpfen. Das ist der eigentliche Angelpunkt, um welchen sich die ganze tropenhygienische Forschung weiterhin zu bewegen haben wird. Mit Cholera und Dysenterie wird man schon mit der Zeit fertig werden; es giebt gegen diese Krankheiten einen relativ hohen individuellen Schutz, und es kommt nur darauf an, die hygienischen Lehren darüber so populär zu machen, daß sie ein jeder sich aneignet wie ein elementares Rechenexempel, um die Morbiditäts- und die Mortalitätsstatistiken dieser Krankheiten wesentlich sinken zu machen. Alle tropenhygienischen Erörterungen haben daher, soweit sie einen Einfluß auf die Akklimatisation des Europäers ausüben wollen, vorzugsweise nur die Lösung des Malariaproblems zu verfolgen. Einen absolut sicheren, individuellen Schutz gegen die Malaria giebt es im allgemeinen nicht; wenn derselbe in geringen Ausnahmefällen als persönliche Immunität erscheint, so fehlt uns gänzlich das Verständnis dafür. Der Einfluß von Geschlecht, Alter, Konstitution macht sich nur bemerkbar gegenüber den Folgen der einmal acquirierten Malaria, nicht eigentlich gegenüber deren Acquisition. Bezüglich der Lebensweise tritt insofern ein zweifelloser Einfluß zu Tage, als alles Uebermaß im Genuß, in körperlichen oder geistigen Strapazen die Empfänglichkeit für die Malariainfektion steigert.

Die Meinung, daß Sumpfboden ausschließlich Malaria erzeuge, ist bekanntlich durch neue Beobachtungen dahin eingeschränkt, daß feuchtheiße Gegenden im allgemeinen, also auch Gegenden z. B. mit durchlässigem (nicht sumpfigem, wasserbindendem) Boden und einer üppigen Urwaldvegetation Malaria zu erzeugen pflegen. Die Fruchtbarkeit des Bodens, das Alluvium der Flüsse und der Meeresküste wird von den Kolonisten naturgemäß zuerst aufgesucht; hier ist es zugleich schwierig, der Malaria erfolgreich zu begegnen; die Hygiene lehrt, daß man dann wenigstens thunlichst in der Nähe gelegene Hügel mit guter Ventilation als Wohnplätze benutzen soll. Die Assanierung von Sumpfgegenden ist durch Drainage anzustreben. Die menschliche Kultur macht aber nicht unter allen Umständen den Malariaboden gesünder; im Gegenteil, es scheinen öfters Malariaerkrankungen erst mit der Bebauung des Bodens aufgetreten zu sein. Beispiele: Mauritius, Aegypten, die Campagna (Baumwoll- und Zuckerplantagen) (Fritsch[4]).

Besonders nachteilig sind künstliche Landbewässerungen, Irrigationen gewesen, sofern sie nicht zugleich mit einem Drainagesystem verbunden waren. Schon Lind[5] führt aus, daß die Holländer bei der Gründung von Batavia den großen Fehler gemacht haben, nach dem Muster ihrer heimischen Städte auch hier sofort mit der Anlegung von Kanälen und Gräben zu beginnen. Es wurde von englischen Kriegs-

schiffen, welche in den Jahren 1762 und 1764 daselbst enorme Verluste erlitten, bemerkt, daß die Seuche mit der größten Heftigkeit wütete, „als der Regen nachgelassen und die Sonne das Wasser in den Gräben so verdunstet hatte, daß der Schlamm zum Vorschein kam; der Gestank von dem Schlamm war alsdann unerträglich“ (p. 82).

In der neueren Zeit ist man in Britisch-Indien in denselben Fehler verfallen; so wird die auffallende Sterblichkeit an Malariafiebern im „Punjab“, welche in den letzten Jahren diejenige der vorausgehenden beiden Decennien weit übertraf:

| | |
|---|---|
| 1870 | 15,73 ‰ |
| 1880 | 18,74 „ |
| 1890 | 36,75 „ |

nach dem Bericht des Sanitary Commissioner der zu ausgedehnten Landirrigation zugeschrieben (Moore[6]). Martin[7] beobachtete auf Sumatra, daß die Malariakrankheiten besonders heftig an solchen Plätzen auftraten, welche früher drainiert und später in Verfall geraten waren, wodurch sich reichliche Stagnationen des Oberflächenwassers gebildet hatten. Während diese Orte vorher gesund gewesen waren, ergaben sich jetzt ganz enorme Malaria-Erkrankungsziffern.

Es ist deshalb wichtig, für die Ansiedlungen der Kolonisten vorzugsweise solche Plätze auszuwählen, an welchen es zu intensiven Durchfeuchtungen des Bodens nicht leicht kommen kann. In dieser Beziehung ist am bedenklichsten Thon- und Lehmboden, am günstigsten durchlässiger Sandboden; ebenfalls günstig sind die primitiven Gesteine, Gneis, Porphyr, Granite, welche das Oberflächenwasser leicht fortleiten. Aus diesem Grunde wird bei der Hausanlage auch das geneigte Terrain zu bevorzugen sein; wo sich solche Bedingungen nicht vorfinden, muß eine Drainage zum mindesten um das Wohnhaus angestrebt werden, selbst in denjenigen Fällen, in welchen die Häuser auf eine Pfahlbaukonstruktion gestellt sind.

Immerhin wird die Feststellung eines für die Ansiedelung geeigneten Platzes a priori schwierig sein, solange man nicht das Experiment selbst gemacht hat. Auch eine Gegend mit ausgesprochen durchlässigem Boden (Korallen) kann intensive Malariaherde in sich schließen, wie an den Küstenstationen von Kaiser-Wilhelms-Land genugsam hervortrat. Die anscheinend sehr günstig beschaffene Station Finschhafen mußte aus Gesundheitsrücksichten aufgegeben werden (Schellong[8]). Ich verweise in dieser Hinsicht nochmals auf meinen oben gemachten Vorschlag, den Gesundheitszustand der Eingeborenen, besonders das Verhalten ihrer Milz zur Beurteilung der klimatischen Güte einer bis dahin nicht gekannten Gegend heranzuziehen.

In den Malariagebieten wechseln leichtere Krankheitsperioden mit schweren Epidemien ab; daß es daher von großem Wert ist, die Ankunft in einer Fiebergegend auf die gesunde Jahreszeit zu verlegen, kann im allgemeinen als richtig angenommen werden, insofern als der Fremdling dadurch am ehesten Zeit gewinnt, sich mit den sonstigen klimatischen Neuheiten bekannt zu machen. Die ungünstigeren sind die nassen Jahreszeiten und deren Uebergänge zu den trockenen. Ueber den Wert des prophylaktischen Chiningebrauchs sind die Ansichten noch nicht genügend geklärt; in zweifelhaften Fällen ist es immer vorzuziehen, etwas mehr als etwas weniger Chinin zu nehmen. Die Ver-

trautheit mit einem zweckmäßigen Chiningebrauch giebt dem einzelnen eine nicht zu unterschätzende Waffe gegen die Malariafieber in die Hand; man wird zum wenigsten den perniciösen Fieberformen häufig entgehen können. Der alte Jacob Lind[5] bezeichnet als die wichtige Zeit für den prophylaktischen Chiningebrauch die Zeit des vollen Mondes und des Mondwechsels, da nach seiner Ansicht der Mond einen wesentlichen Einfluß auf den Ausbruch des Fieberanfalls hat. Im übrigen ist ein arbeitsames und regelmäßiges Leben in den Tropen mehr noch als sonst irgendwo dazu angethan, die Widerstandsfähigkeit des Körpers gegen Krankheitseinflüsse zu stählen. Reichliche körperliche Bewegungen sind gesundheitsförderlich; die Bestellung des Ackers dagegen in den Malarialändern für die Europäer nach übereinstimmendem Urteil unmöglich. D'une manière générale, de 0 mêtre à 860 mêtres au dessus du niveau de la mer, et entre l'équateur et le 15 degré parallèle Nord et Sud, il n'est pas désirable, que l'Européen tente d'exercer par lui-même la profession d'agriculture (Treille[9] p. 55).

Andere Autoren, so Felkin[10], schließen die Bodenbearbeitung seitens des Europäers selbst in den tropischen Höhenlagen aus, wenngleich sie hier ausgedehnte Gartenarbeiten gestatten. Der Europäer solle überall nur die Aufsicht führen.

Einen ganz hervorragenden hygienischen Wert muß in tropischen Kolonien einer zweckmäßigen Ernährungsweise zugeschrieben werden. Alle Autoren treten für eine reichliche gemischte Kost ein, mit vorwiegender Berücksichtigung von leichtem, frischem Fleisch (Geflügel, Fische) und Gemüsen. Hier ist der vielfach geäußerten Meinung entgegenzutreten, daß der Europäer in den Tropen weniger Eiweißstoffe bedürfe und deshalb weniger Fleisch zu sich nehmen solle, als bei uns. Man verweist dabei mit Unrecht auf das Beispiel der Landeseingeborenen, die vorzugsweise Kohlenhydrate genießen. Denn man kann für die große Mehrzahl aller tropischen Länder mit größter Bestimmtheit annehmen, daß die Eingeborenen nur aus Not Vegetarier sind, weil ihnen nicht genügend Fleisch als Hauptspeise zu Gebote steht; wer längere Zeit unter diesen farbigen Vegetariern gelebt hat, wird bezeugen können, mit welcher Freude sie jede Gelegenheit wahrnehmen*), sich in denBesitz von Fleichnahrung zu setzen; andererseits pflegen die Malayen so enorme Quantitäten Reis, die Papuas so erstaunlich große Yamknollen zu genießen, daß es für uns, um da mitzuhalten, einer besonderen Angewöhnung des Magens, auch nur rein mechanisch gedacht, bedürfen würde. Schließlich weisen Hygieniker, so Munk[11] (in diesem Handbuche Bd. 3 S. 97), darauf hin, daß der Mensch, um seinen stofflichen Bedarf zu decken, auch in den Tropen ebenso vieler Nährstoffe bedürfe, wie in dem gemäßigten Klima, d. h. für denselben Körperzustand und die gleiche Größe der Arbeitsleistung. Der Mensch muß also im allgemeinen dasselbe genießen, woran er in der Heimat gewöhnt gewesen ist, wenngleich er gegen manche Speisen, z. B. gegen das Fett, in den Tropen eine instinktive Abneigung haben und diese deshalb schon von selbst meiden wird. Mäßiger Alkoholgenuß in jeder Form ist statthaft, während das gewohnheitsmäßige Biertrinken, z. B. der Deutschen, zum Hindernis für ihre Akklimatisation werden kann (Röver[12]). Rochard[13] redet Eisgetränken in kleinen Quantitäten und heißen Getränken das

*) Meine Beobachtungen beziehen sich auf Papuas und Malayen.

Wort, während er die den Flüssigkeiten in den Tropen eigentümliche Temperatur für nachteilig hält. Andere fürchten von den eiskalten Getränken eine nachteilige Einwirkung auf den Darm. Das Richtige liegt wohl in der Mitte; man soll das Eis nicht im Uebermaß genießen und im übrigen gut temperierte Flüssigkeiten, wie es schließlich das Natürlichste ist, zu sich nehmen.

In jeder Malariagegend sollte die Fürsorge für die Kranken gleich von vornherein in genügender Weise berücksichtigt und vorbereitet werden; nichts ist schlimmer und rächt sich schwerer, als mangelhafte Vorsorge für die Abwartung und Verpflegung der Kranken, während auf der anderen Seite in einem Malarialande keine wohlthätigeren Einrichtungen zu denken sind, als gut ausgestattete Hospitäler.

1) **Dutroulau**, *Traité des maladies des Européens dans les pays chauds, Paris* 1861.
2) **Ribeiro**, *VI. int. Kongr. f. Hyg. u. Demograph., Hyg. Sektion, Diskussion, Wien* 1887.
3) **A. de Quatrefages**, *L'acclimatation des races humaines, Rev. d. deux mondes, Paris* (1870).
4) **Fritsch**, *Verh. Berl. Ges. f. Anthropolog. etc.* (1885) 257.
5) **J. Lind**, *Krankheiten der Europäer in heifsen Klimaten (aus dem Englischen), Leipzig* 1773.
6) *Sir* **Will. Moore**, *Sanitary progress in India, Transact. VII. int. Congr. Hyg. and Demograph., London* 1891.
7) **L. Martin**, *Aerztliche Erfahrungen über die Malaria der Tropenländer, Berlin* 1889.
8) **O. Schellong**, *Malariakrankheiten, Berlin, Jul. Springer*, 1890.
9) **G. Treille**, *De l'acclimatation des Européens dans les pays chauds, Comptes rendus d. VI. Congrès internat. d'hygiène, Wien* 1888.
10) **R. W. Felkin**, *Tropical highlands: their suitability for European settlement, in Transact. of the VII. int. Congr. of Hyg. and Demograph., London* 1891.
11) **J. Munk**, *Einzelernährung und Massenernährung; dieses Handbuch Bd.* 3 *S.* 97.
12) **Röver**, *Ueber Akklimatisation, Bericht in d. D. K.-Ztg.* (1892) *No.* 3.
13) **E. Rochard**, *Acclimatement, in d. Encyclopédie d'hygiène: Jul. Rochard* 1. *Bd. Paris* 1890

---

## Gemeinsames

# Register

## zu Assmann: Klima, und zu Schellong: Klimatologie.

# DIE BEKLEIDUNG.

BEARBEITET

VON

**DR. FLORIAN KRATSCHMER,**

K. UND K. STABSARZT UND A. O. UNIVERSITÄTSPROFESSOR IN WIEN.

MIT 5 ABBILDUNGEN IM TEXT.

---

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. THEODOR WEYL.**

ERSTER BAND. ERSTE ABTEILUNG.
VIERTE LIEFERUNG.

**JENA,**
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1894.

# Inhaltsübersicht.



## Verzeichnis der Abbildungen.

# Einleitung.

Die Bekleidung dient dem gebildeten Menschen zum Schutze gegen die Witterung, teilweise gegen mechanische Verletzungen der Haut und nicht zum geringen Teile zum Schmucke.

Inwieweit das Schamgefühl zur Erfindung und Ausgestaltung von Bekleidungsgegenständen beigetragen hat, wird hier nicht erörtert; dennoch sei erwähnt, daß in Klimaten, welche der Wärmeökonomie des Menschenleibes günstige Bedingungen bieten, sich die Bekleidung der körperlich arbeitenden Bevölkerung meist auf eine Umhüllung der Schamgegend beschränkt, wofür ein hygienischer Instinkt kaum in Anspruch genommen werden kann.

Bei vollkommnerer Bekleidung ist dem Schamgefühl stets Rechnung getragen.

Die Bewohner kälterer Erdstriche sind hingegen sicherlich durch Instinkt und Gefühl zur Verwendung der Kleidung als eines Wärmeschutzes gedrängt worden, und das ist in der That ihr vornehmster Zweck.

Gegen diesen steht die rein mechanische Beschirmung der Haut oder einzelner Körperteile weit zurück, und als vermeintliche Zierde des Körpers kann die Kleidung hier überhaupt nicht in Betracht kommen.

Im ganzen spielt die Kleidung die Rolle einer engen, leicht wechselbaren Behausung, welche stets mitgetragen wird, jedoch der künstlichen Beheizung entbehrt, sonach für die Wärmeregulierung des Körpers nur passive Bedeutung hat.

Gleichwohl vollziehen sich in der Kleidung die Vorgänge der Wärmestrahlung und Leitung, sowie der Wasserverdunstung und Durchlüftung im allgemeinen nach denselben Gesetzen, welche für Wohnräume ermittelt sind.

Auch die natürliche Pelz- oder Federbekleidung der Tiere macht hiervon keine Ausnahme.

Mancherlei Beobachtungen lassen die Deutung zu, daß dem von Natur aus mit einer besonderen Bekleidung ausgestatteten Tierkörper die Fähigkeit innewohnt, diese Bekleidung nach Jahreszeiten am Standorte regelmäßig und bei Versetzung in ungewohnte klimatische Verhältnisse diesen entsprechend zu verändern.

Merinoschafe tauschen in heißen Klimaten ihre Wollpelze gegen

windhundartige Felle ein, und umgekehrt gewinnen afrikanische Kamele und Dromedare im rauhen Tibet eine zottenartige Behaarung[70].

Nach den Berichten von Reisenden soll auch beim Menschen in kälteren und insbesondere windigen Gegenden der Haarwuchs zu überraschender Entwickelung gelangen.

Von solchen Ausnahmsfällen abgesehen, wird der Menschenleib im allgemeinen als nackt und einer künstlichen Bekleidung durchaus bedürftig zu betrachten sein.

Nur das von frühestem Alter an meist unbekleidete Gesicht erlangt einen bedeutenden Grad der Abhärtung gegen Temperatureinflüsse, zu welcher andere und umfangreichere Hauptpartien nicht in demselben Maße befähigt sind.

Da die Kleidung dem Körper Wärme erspart, so muß sie ihm auch Nahrung ersparen.

Aus demselben Grunde muß auch Atmung und Kreislauf mit der Bekleidung in gesetzmäßigen Beziehungen stehen.

Eine genauere Einsicht in diese Verhältnisse liegt bisher nicht vor, die Wahl der Kleidung wird im allgemeinen und insbesondere — soweit es auf Wärmeschutz ankommt — durch das Gefühl des Wohlbehagens bedingt.

Die Darstellung dieses Abschnittes hält sich streng an die Ergebnisse experimenteller wissenschaftlicher Forschung und gewährt wenig Raum für das, was sonst noch vielfach über Bekleidung zu sagen wäre.

## A. Elemente der Kleidung.

Als solche kommen hauptsächlich Tierwolle und Seide, sowie verschiedene Pflanzenfasern, in geringerem Umfange Leder in Betracht.

Versuche, Bekleidungsgegenstände aus mineralischen Stoffen und Erzeugnissen, namentlich aus Glaswolle herzustellen, sind bisweilen unternommen worden, ein durchgreifender praktischer Erfolg ist jedoch bis jetzt davon nicht zu verzeichnen.

Den weitaus bedeutendsten Anteil tierischer Faser für die Kleidung liefert die Schafwolle. Haare von der Angora- (Hircus angorensis), der Alpacca- (Auchenia Paco), der Vicuña-Ziege (Auchenia Vicunna), vom Lama (A. Lama) und Kamel (Camelus) gelangen — wenigstens in Europa — zu spärlicherer Verarbeitung und Verwendung für Kleidungsstoffe.

Die echte Seide ist das in Form feinster Fäden abgesonderte, erstarrte Sekret aus den Spinndrüsen der Raupe des vornehmlich aus China stammenden Maulbeer- oder Seidenspinners (Bombyx mori); die Raupen anderer Schmetterlinge, des Ailanthusspinners (Saturnia Cynthia), des Eichenseidespinners (Antherea Yamamaya et Pernyi) bereiten ähnliche Gespinnste.

Die aus dem Pflanzenreiche stammenden Elemente der Kleidungsstoffe betreffen:

a) Bastfasern und zwar vom Flachse (Linum usitatissimum), Hanfe (Canabis sativa), der Jute (mehrere Corchorus-Arten, namentlich C. capsularis), des Chinagrases (Boehmeria nivea), der Raminfaser (Boehmeria tenacissima), des braunen oder Madras-Hanfes oder Sunns (Crotalaria juncea), des Manilla-Hanfes (Musa textilis) und von noch manchen anderen Pflanzenbestandteilen, wie die Kokos-, Agave-, Yuccafaser u. s. w.

b) Pflanzenhaare. Hauptrepräsentanten dieser sind die Samenhaare der Baumwollstaude (verschiedene Spezies der Gattung Gossypium).

Von untergeordneter Bedeutung ist die Wolle der Wollbäume (Arten der Gattung Bombax) und der Wollgras-(Eriophorum-)Arten.

Die Hauptmasse unserer gespinstlichen Kleidungsstoffe besteht aber aus Tierwolle, Baumwolle, Flachs und Seide.

Die morphologischen Eigenschaften dieser sind in Figur 1 veranschaulicht und nebst deren chemischem Verhalten in der Tabelle 1 zusammengestellt [1].

(Siehe Tabelle 1 S. 364.)

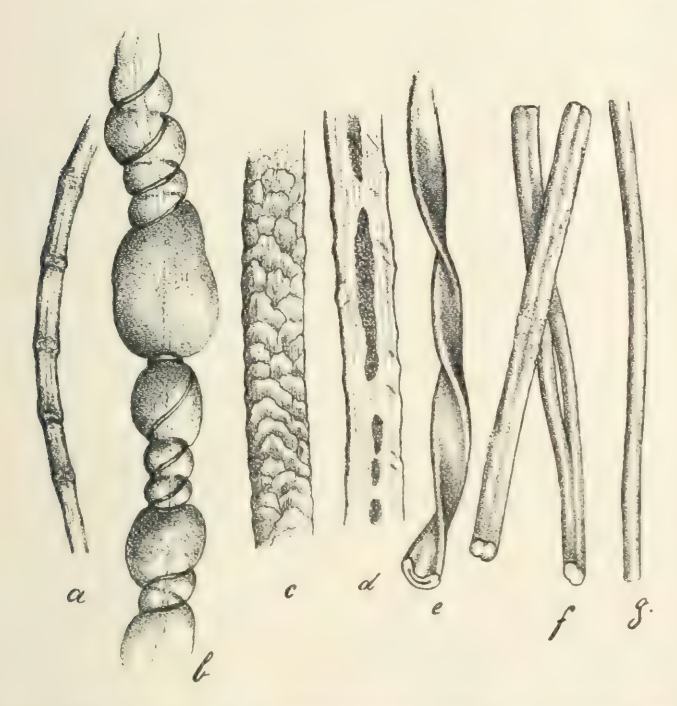



Fig. 1. *a* Leinenfaser, *b* in Kupferoxydammon gequollene Baumwollfaser, *c* ungebrauchte Tierwolle, *d* stark abgenutzte Tierwollfaser mit Längsstreifung und Markzellen, *e* Baumwollfaser, *f* Doppelfaden, *g* einfacher Faden der Seide.

## B. Kleidungsstoffe.

### 1. Spezifisches Gewicht.

Eine der fundamentalsten Eigenschaften der Kleidungsstoffe ist das spezifische Gewicht als der Ausdruck des Verhältnisses der in der Raumeinheit enthaltenen Kleidungsgrundstoffe zu der von ihnen eingeschlossenen Luft.

Denn dieses Verhältnis bezw. der Luftgehalt ist von ausschlaggebender Bedeutung.

## Tabelle 1 (s. Fig. 1 S. 363).

| Seide | Tierwolle | Baumwolle | Leinen |
|---|---|---|---|
| Durchmesser 8 bis 24 μ, fast drehrunder Querschnitt. | Durchmesser bei feinen Sorten 12—37 μ, bei groben 89 — 100 μ, rundlicher Querschnitt. | Durchmesser 12—42 μ, Querschnitt nierenförmig mit spaltförmigem Lumen. | Durchmesser 12 bis 26 μ, rundlicher Querschnitt mit engem Lumen. |
| Besteht als Coconseide stets aus Doppelfäden, die in zarten, rissigen Sericinhüllen eingeschlossen sind. Der Einzelfaden ist glatt. | Charakteristisch ist das Aussehen der Epidermisumhüllung bei nicht oder wenig abgenützter Faser. Bei stark abgenützter Faser fehlt die Epidermisschicht ganz oder gröfstenteils, und die darunter liegende Schicht mit paralleler Streifung tritt hervor. Bei gewissen Wollsorten und namentlich bei stärkeren Fasern erscheint dann eine mehr weniger zusammenhängende Schicht von Markzellen, die mitunter mit Luft gefüllt sind. | Das Vorhandensein einer Cuticula unterscheidet die Baumwollfaser von allen Bastfasern; dieselbe ist öfters fein gestrichelt und punktiert. Charakteristisch ist die spiralige Schlängelung der Baumwollfaser um die Längsachse. Bei der Quellung der Hauptmasse der Baumwollfaser — der Cellulose — in Kupferoxydammon schiebt sich die dem Reagens Widerstand leistende Cuticula zu ringförmigen Schichten zusammen, welche stellenweise die gequollene Cellulose oft ziemlich enge umschnüren. | Charakteristisch ist das Vorkommen leicht knotenartiger Verdickungen, jedoch nicht oder wenigstens nicht gleich häufig an jeder Faser; aufserdem ist eine schwache Längsstreifung u. Andeutung eines Lumens zu bemerken. |
| 10 proz. Natronlauge, kochend, löst leicht u. rasch; Zusatz von Bleiacetat giebt keine Veränderung. | löst allmählich; Zusatz von Bleiacetat giebt eine braune Färbung | löst nicht | |
| Konzentrierte Schwefelsäure löst beim Erwärmen vollkommen zu brauner Masse. | bräunt sehr allmählich und bringt erst nach sehr langer Einwirkung eine dunkelbraune Lösung zustande | bringt keine Veränderung hervor | |
| Konzentrierte Schwefelsäure u. Thymol (Molisch'sche Reaktion) färbt nicht. | färbt nicht | färbt rotviolett | |
| Salpetersäure färbt gelb | | färbt nicht | |
| Kupferoxydammon läfst unverändert | bewirkt langsame Quellung | bewirkt Quellung mit folgender Lösung | ohne folgende Lösung |
| Chlorzink löst bei gewöhnlicher, rascher bei höherer Temperatur | greift nicht an | greift nicht an | |
| Brennt mit rasch verlöschender Flamme unter Entwickelung des eigentümlichen Geruches brennenden Hornes und hinterläfst eine schwammige Kohle. | | Brennt mit anhaltender Flamme unter Entwickelung eines schwachen Geruches nach verbranntem Papier und hinterläfst wenig Asche. | |

Aus dem Flächengewichte und der Dicke der Stoffe läßt sich das Gewicht von 1 ccm derselben berechnen und ohne weiteres als spezifisches Gewicht ansetzen, wobei das Gewicht der in den Stoffen enthaltenen Luft als ein verschwindend kleiner Bruchteil des Gesammtgewichtes vernachlässigt ist.

Die beifolgende Tabelle 2 giebt eine Uebersicht dieser Verhältnisse bei den wesentlichsten Bekleidungsstoffen [2].

Die Zahlen gelten für die Stoffe bei mittlerem Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Tabelle 2.

| Bezeichnung | Dicke in mm | 1 qcm wiegt in g | Gewicht von 1 mm Dicke, 1 qcm Fläche | 1 ccm wiegt |
|---|---|---|---|---|
| Feine Baumwolle | 0,17 | 0.0123 | 0,0723 | 0,723 |
| Etwas stärker | 0,31 | 0,0149 | 0.0480 | 0,480 |
| Grobes Leinen | 0,40 | 0,0266 | 0,0665 | 0,665 |
| Seidentrikot | 0,60 | 0,0150 | 0,0250 | 0,250 |
| „ | 0,56 | 0,0094 | 0,0188 | 0,188 |
| Baumwolltrikot | 1,01 | 0,0217 | 0,0214 | 0,214 |
| Wolltrikot | 1.12 | 0,0201 | 0,0179 | 0.179 |
| Seide-Baumwolle | 1,15 | 0,0187 | 0,0163 | 0.163 |
| Wolle-Seide | 1,12 | 0,200 | 0,0178 | 0,178 |
| „ | 1.13 | 0.203 | 0,0180 | 0,180 |
| „ | 1,14 | 0,0197 | 0,0172 | 0,172 |
| Leinentrikot | 1,10 | 0,0361 | 0,0328 | 0,328 |
| „ | 1,10 | 0,0384 | 0,0349 | 0,349 |
| „ | 0,75 | 0,0230 | 0,0316 | 0,306 |
| „ | 1,00 | 0,0225 | 0,0225 | 0,225 |
| „ | 1,50 | 0,0384 | 0,0256 | 0,256 |
| „ | 1,25 | 0,0302 | 0,0241 | 0,241 |
| „ | 1,12 | 0,0243 | 0,0217 | 0,217 |
| Baumwollflanell | 1,19 | 0,0177 | 0,0146 | 0,146 |
| Leichter Wollflanell | 1,70 | 0,0196 | 0,0115 | 0,115 |
| Starker Wollflanell | 3.00 | 0,0286 | 0,0095 | 0,095 |
| Sommerkammgarn | 1,00 | 0.0358 | 0,0358 | 0,358 |
| Mittleres Tuch | 1,20 | 0,0362 | 0,0302 | 0,302 |
| Leichter Sommerstoff | 1,12 | 0,0266 | 0,0237 | 0,237 |
| Winterkammgarn | 2,50 | 0,0595 | 0,0238 | 0,238 |
| Frühjahrsüberzieher | 2,20 | 0,0540 | 0,0245 | 0,245 |
| Winterüberzieher | 5.60 | 0,0819 | 0,0146 | 0,146 |

Der Verwertung der spezifischen Gewichte der Kleidungsstoffe für weitere Schlußfolgerungen müssen noch Angaben über das spezifische Gewicht der Grundstoffe, d. i. der festen Gewebselemente vorangeschickt werden.

Darüber giebt die Tabelle 3 Aufschluß, in welcher die Bestimmungen von Rubner sich auf die Temperatur von 20° und eine relative Feuchtigkeit von 50—60 Proz. beziehen, und in welcher zugleich die nach derselben Methode ermittelten spezifischen Gewichte von Horn und Glas aufgenommen sind [3].

(Siehe Tabelle 3 S. 366.)

Aus diesen Bestimmungen geht die wichtige Thatsache hervor, daß das spezifische Gewicht der verschiedenen Elemente

### Tabelle 3.
### Spezifische Gewichte der Gewebselemente.

| Substanz | Rubner bei 20° und bei 50—60% relative Feuchtigkeit | Kopp | Grassi | Schuhmeister |
|---|---|---|---|---|
| Feine Baumwolle (ohne Appretur) | 1,363 | 1,27 | 1,95 | 1,71 |
| Seide (Trikot) | 1,326 | 1,56 | — | 1,50 |
| Baumwolle (Trikot) | 1,328 | — | — | — |
| Wolle (Flanell) | 1,296 | 1,29 | 1,61 | 1,52 |
| Horn | 1,232 | — | — | — |
| Glas | 2,602 | — | — | — |

der Kleidergewebe innerhalb sehr enger Grenzen schwankt, daß daher die Berechtigung vorliegt, ein gemeinsames spezifisches Gewicht der Bekleidungsgrundstoffe anzunehmen und dasselbe mit 1,3 festzusetzen.

Die Tabelle 4 weist die Mittelwerte des spezifischen Gewichtes der wichtigsten Bekleidungsgewebe aus.

### Tabelle 4.
### Spezifische Gewichte der wichtigsten Bekleidungsgewebe.

Mittelwerte.

| | | |
|---|---|---|
| Glattgewebte Baumwolle und Leinen | 0,638 | |
| Trikots aus Seide | 0,219 | |
| „ „ Baumwolle | 0,199 | |
| „ „ Wolle | 0,179 | 0,214 |
| „ „ Leinen | 0,348 | |
| Mischung: Seide, Baumwolle | 0,163 | |
| „ „ Wolle | 0,176 | |
| Flanelle: Wolle | 0,101 | |
| „ Baumwolle | 0,146 | |
| Sommerkammgarn | 0,358 | |
| Mittleres Tuch | 0,302 | |
| Leichter Sommerstoff | 0,237 | |
| Winterkammgarn | 0,238 | |
| Frühjahrsüberzieher | 0,243 | |
| Winterüberzieher | 0,146 | |

Das spezifische Gewicht der Kleidungsgewebe ist wesentlich abhängig von der Bearbeitung des Rohmateriales, wie Tabelle 5 zeigt.

### Tabelle 5.
### Spezifische Gewichte der Kleidungsgewebe nach der Art ihrer Herstellung.

Material: Baumwolle.

| | | |
|---|---|---|
| Glattgewebt | 0,768 | spez. Gewicht |
| als Trikot | 0,199 | „ „ |
| „ Flanell | 0,147 | „ „ |

Material: Leinen.

| | | |
|---|---|---|
| Glattgewebt | 0,665 | spez. Gewicht |
| als Trikot | 0,348 | „ „ |

Material: Wolle.

| | | |
|---|---|---|
| Glattgewebt als Kammgarn | 0,358 | spez. Gewicht |
| als Trikot . . . . . . | 0,179 | „ „ |
| „ Flanell . . . . . . | 0,095 | „ „ |

Aus dieser Tabelle ist aber auch zu entnehmen, daß die Eigenart der Rohmaterialien dem derzeit üblichen Bearbeitungsverfahren gewisse Schranken setzt, und daß es bisher nicht gelingt, aus Baumwolle und Leinen Gewebe von derselben Lockerheit zu erzielen, wie aus Tierwolle.

## 2. Elasticität.

Zwischen spez. Gewicht und Komprimierbarkeit (Elasticität) eines Kleidungsgewebes besteht im allgemeinen ein umgekehrtes Verhältnis.

Durch Belastungen, welche für Kleidungsstoffe in Betracht kommen, erfahren solche eine um so größere Kompression, je geringer ihr spez. Gewicht, je lockerer sie gewebt sind, und umgekehrt.

Jedoch auch hierbei scheint die Eigenart der Gewebsfaser eine Rolle zu spielen, wie die Zusammenstellung auf Tabelle 6 zeigt, worin I, II und III die Dicken bei Belastungen 8—16facher Lagen von Stoffen mit 0,82, 12,9 und 78,8 g pro 1 cm² bedeuten.

Tabelle 6.

Einfluß der Belastung auf das spez. Gewicht der Kleidungsstoffe.

| Bezeichnung | I | II | III | Bei Belastung nimmt die Dicke von 100 ab bis zu $x$: |
|---|---|---|---|---|
| Feine Baumwolle | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 100 |
| Etwas stärkere Sorte | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 100 |
| Grobes Leinen | (0,75) | 0.40 | 0,40 | 100 |
| Seidetrikot | 0,60 | 0,42 | 0,32 | 53 |
| „ | 0,56 | 0,52 | 0,52 | 92 |
| „ | 0,62 | 0.52 | 0,53 | 85 |
| Baumwolltrikot | 1,01 | 0,75 | 0,63 | 63 |
| Wolltrikot | 1,12 | 0,82 | 0,63 | 57 |
| Seide-Baumwolle | 1,15 | 0,84 | 0,82 | 71 |
| Wolle-Seide | 1.12 | 0,73 | 0,64 | 57 |
| „ | 1,13 | 0,78 | 0,70 | 61 |
| „ | 1,14 | 0,81 | 0,71 | 62 |
| „ | 1,17 | 0.83 | 0,75 | 64 |
| Leinentrikot | 1,10 | — | 0,93 | 84 |
| „ | 1,10 | — | 0,93 | 84 |
| „ | 0,75 | — | 0,62 | 83 |
| „ | 1,00 | — | 0,75 | 75 |
| „ | 1,50 | — | 1,12 | 78 |
| „ | 1,25 | — | 1,00 | 80 |
| „ | 1.12 | — | 0,75 | 67 |
| Baumwollflanell | 1,19 | 0,60 | 0,60 | 50 |
| Leichter Wollflanell | 1,70 | 1,20 | 1,00 | 59 |
| Dickste Sorte | 2,00 | 1,75 | 1,37 | 46 |
| Leichter Sommerstoff | 1,12 | 0,70 | 0,60 | 53 |
| Sommerkammgarn | 1,00 | 0,90 | 0,70 | 70 |
| Mittleres Tuch | 1,20 | 1,10 | 1,00 | 83 |
| Frühjahrsüberzieher | 2,20 | 2,00 | 1,70 | 77 |
| Winterkammgarn | 2,50 | 2,25 | 2.00 | 80 |
| Winterüberzieher | 5,80 | 4,80 | 4,00 | 69 |

| | Wolle | | Baumwolle | | Leinen | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Spez. Gew. | Kompr. in % | Spez. Gew. | Kompr. in % | Spez. Gew. | Kompr. in % |
| Glattgewebt | 0,350 | 30 | 0,768 | 0 | 0.665 | 0 |
| Trikot | 0.179 | 43 | 0,199 | 37 | 0.348 | 17 |
| Flanell | 0,105 | 47 | 0,146 | 50 | — | — |

Durch Zusammendrückung erlangen die Kleidungsstoffe naturgemäß ein höheres spez. Gewicht.

## 3. Porenvolumen.

Auf Grund der spez. Gewichte der Kleidungselemente und Bekleidungsstoffe kann nunmehr die richtige Größe des Porenvolumens von Kleidungsstoffen angegeben werden.

Tabelle 7.

| Bezeichnung | Spez. Gewicht | | Volum der festen Substanz | | Porenvolum in ‰ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | normal | kompr. | normal | kompr. | normal | kompr. |
| Wollflanell | 0,101 | 0,202 | 0,077 | 0,155 | 923 | 845 |
| Baumwollflanell | 0,146 | 0.295 | 0,112 | 0.227 | 888 | 773 |
| Trikot (Seide) | 0,219 | 0,290 | 0.168 | 0,223 | 832 | 777 |
| „ (Wolle) | 0,179 | 0,319 | 0,137 | 0.245 | 863 | 755 |
| „ (Baumwolle) | 0,199 | 0,344 | 0,153 | 0,264 | 847 | 736 |
| „ (Leinen) | 0.348 | 0,393 | 0,267 | 0,302 | 733 | 698 |
| Glattgewebte Baumwolle | 0,624 | 0,624 | 0.480 | 0,480 | 520 | 520 |
| Glattgewebtes Leinen | 0,665 | 0,665 | 0,511 | 0.511 | 489 | 489 |
| Leichter Sommerstoff | 0,237 | 0,443 | 0.182 | 0.340 | 818 | 660 |
| Sommerkammgarn | 0.358 | 0.511 | 0,275 | 0.393 | 725 | 606 |
| Mittlerer Stoff | 0.302 | 0,362 | 0,232 | 0,278 | 768 | 722 |
| Frühjahrsüberzieher | 0,243 | 0.317 | 0,187 | 0,243 | 813 | 757 |
| Winterkammgarn | 0,238 | 0.287 | 0,183 | 0,220 | 817 | 780 |
| Winterpaletot | 0,146 | 0,205 | 0,112 | 0,157 | 888 | 843 |

Diese Tabelle bildet einen Schlußstein in der systematischen Erforschung der Eigenschaften der Bekleidungsstoffe.

Aus ihr erhellt die Thatsache, daß unsere Kleidung zum weitaus größten Teile aus Luft besteht, welche in einem Gehege von Gewebsfasern eingeschlossen ist.

Daraus folgt, daß die hygienische Bedeutung der Kleidung wesentlich vom Luftgehalte derselben bedingt und von der Eigenart der Rohmaterialien nur in untergeordnetem Maße abhängig ist.

## 4. Luftdurchgängigkeit.

Wenn aber die Luft einen Hauptbestandteil unserer Kleidung ausmacht, so kommt weiter die Frage der Beweglichkeit dieser Luft bezw. der Durchlässigkeit der Stoffe für Luft in Betracht.

Hierüber liegen drei Versuchsreihen vor, von denen die von Pettenkofer[4] und Hiller[5] unter sehr ähnlichen Bedingungen angestellt sind.

Der erstere ermittelte die durch Zeuge gehenden Luftmengen bei einem Drucke von 4,5 mm Wasserhöhe und bei Kreisflächen von 1 cm Durchmesser, der letztere bei 2,8 cm Wasserdruck und 34,4 qcm Fläche.

Bei Pettenkofer gingen in der Minute:

| | | | |
|---|---|---|---|
| durch | Leinwand | 6,03 | Liter |
| ,, | Flanell | 10,41 | ,, |
| ,, | Buckskin | 6,07 | ,, |
| ,, | weißgares Handschuhleder | 0,15 | ,, |
| ,, | sämisches ,, | 5,37 | ,, |
| ,, | Seidenzeug | 4,14 | ,, |

Hiller erhielt pro Sekunde und qm, die Durchgängigkeit des Flanells = 100 gesetzt, für die übrigen Stoffe:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Wollentrikot | 105 | Offiziersdrillich | 80 |
| Barchent | 98 | Manteltuch | 79 |
| Sommertuch | 91 | Baumwollenköper | 77 |
| Hosen-Kalikot | 91 | Hosentuch | 75 |
| Ganztuch | 87 | Doeskin | 62 |
| Waffenrocktuch | 84 | Mannschaftsdrillich | 49 |
| Segelleinwand | 82 | Hemden-Kalikot | 42 |

Da die sonstigen Eigenschaften der untersuchten Stoffe, insbesondere deren Dicke nicht berücksichtigt wurden, so sind die erhaltenen Zahlen nicht allgemein vergleichbar und vermögen nur im Groben darzuthun, daß die glattgewebten Stoffe, zumal aus Kalikot, weit weniger luftdurchgängig sind, als Wollstoffe, und insbesondere solche lockerer Webung wie Flanell und Trikot, während Glacéleder dem Durchtritte der Luft großen Widerstand bietet.

Es muß bemerkt werden, daß bei derlei Versuchen die Ergebnisse um so ungenauer ausfallen, je kleiner der Querschnitt des Zeuges gewählt wird, einerseits weil durch größere Stoffquerschnitte unverhältnismäßig weit mehr Luft hindurchgeht, als durch kleinere, anderseits weil in größeren Gewebstücken die unvermeidlichen Ungleichheiten der Webung besser und vollkommner vertreten sind, als in kleineren.

Die Größe des Querschnittes findet jedoch ihre Grenze bei der Unmöglichkeit, den Stoff gleichmäßig in gelinder Spannung zu erhalten.

Noch ist besonders hervorzuheben, daß die von Pettenkofer und Hiller angewendeten Druckhöhen sehr erheblich die Druckdifferenzen übersteigen, welche sich thatsächlich in der Kleiderluft beim Aufenthalte in geschlossenen Räumen nachweisen lassen.

Allen diesen, verschiedene Fehlerquellen in sich schließenden Verhältnissen ist in den Versuchen von Nocht[6] Rechnung getragen.

Es wurde zunächst die in der gewöhnlichen Kleidung bei ruhigem Atmen bestehende Druckdifferenz mittelst des Recknagel'schen Differentialmanometers mit durchschnittlich 1 mm Petroleumhöhe bei 2 Proz. Steigung festgestellt, was dem Drucke einer vertikalen Wassersäule von 0,4 mm Höhe entspricht, und nun bei diesem Drucke die Permeabilität von Zeugstücken von 8,5 cm Durchmesser und dem Querschnitte von 56,7 qcm für Luft mittelst eines Apparates bestimmt, dessen Anordnung und Betrieb aus Figur 2 zu entnehmen ist.

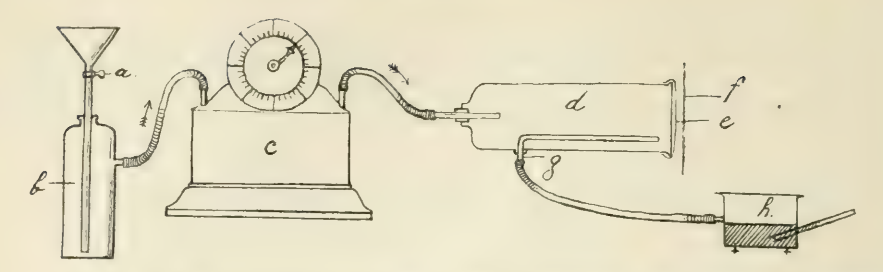



Fig. 2. In Figur 2 reguliert der Hahn *a* den Wasserzuflufs, die Luft tritt aus dem Gasometer *b* in die Gasuhr *c*, von hier in den Cylinder *d*, dessen Ende mit der Stoffprobe *e* und darüber mit einem Drahtgitter *f* versehen ist. Aus dem Cylinder führt ein Röhrchen *g* zum Differentialmanometer *h*.

Die Prüfungsergebnisse sind in der Tabelle 8 niedergelegt.

Tabelle 8.
Permeabilität verschiedener Kleiderstoffe nach Nocht.

| | 1. Minute | | 2. Minute | | 3. Minute | | 4. Minute | | 5. Minute | | Im Durchschnitt | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vers. a ccm | Vers. b ccm | Vers. a ccm | Vers. b ccm | Vers. a ccm | Vers. b ccm | Vers. a ccm | Vers. b ccm | Vers. a ccm | Vers. b ccm | Vers a ccm | Vers. b ccm |
| Flanell . . . . | 550 | 610 | 430 | 550 | 560 | 470 | 450 | 450 | 440 | 390 | 486 | 498 |
| Halbwoll. Flanell | 620 | 840 | 700 | 750 | 670 | 660 | 770 | 530 | 720 | — | 690 | 695 |
| Alter Flanell . . | 730 | 730 | 730 | 650 | 680 | 590 | 600 | 560 | 480 | 550 | 644 | 616 |
| Jäger's Stoff . . | 680 | 1050 | 660 | 950 | 640 | 800 | 580 | 750 | 530 | 770 | 618 | 861 |
| Barchent . . . | 115 | 145 | 130 | 120 | 120 | 100 | 130 | 100 | 120 | 115 | 123 | 116 |
| Alter Barchent . | 570 | 490 | 480 | 480 | 420 | 460 | 450 | 490 | 450 | 490 | 474 | 482 |
| Lahmann's Stoff . | 1250 | 1000 | 1080 | 1140 | 1450 | 1030 | 1300 | 1250 | 1290 | 1550 | 1274 | 1174 |
| Leinwand . . . | 80 | 80 | 90 | 90 | 90 | 75 | 70 | 75 | 75 | 70 | 81 | 78 |

Dieselben zeigen vor allem, daß die durch dieselben Stoffe bei gleichem Drucke durchgegangenen Luftmengen wegen der wechselnden Elasticität und Spannung der Gewebe nicht unerheblichen Schwankungen unterliegen. Trotzdem bleiben ganz wesentliche Unterschiede bei den einzelnen Stoffen unverkennbar.

Die Luftdurchlässigkeit des Flanells unter den angeführten Bedingungen = 100 gesetzt, ergeben sich für die übrigen untersuchten Stoffe folgende Werte:

(Siehe Tabelle 9 S. 371.)

Neuestens hat Rubner verschiedene Stoffe — jedoch von gleicher Dicke und mit Berücksichtigung des Porenvolums — auf ihre Luftpermeabilität geprüft und gefunden:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für Wollflanell | 1,138 L. | bei Porvol. | 923 |
| „ Wolltrikot | 1,027 „ | „ „ | 863 |
| „ glattgewebte Baumwolle | 0,207 „ | „ „ | 520 |

Es kann daher bei Kleidungsstoffen von gewöhnlicher Gewebsart eine gewisse Uebereinstimmung zwischen Porenvolumen und Luftbeweglichkeit angenommen werden.

Tabelle 9.

Luftdurchlässigkeit verschiedener Stoffe.
Flanell = 100 gesetzt.

| Flanell | Halbwollener Flanell | Alter Flanell | Jäger's Stoff | Barchent | Alter Barchent | Leinwand | Lahmann's Stoff |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 141 | 128 (Hiller 111) | 150 | 25 (Hiller 77) | 98 | 16 | 249 |

Daraus berechnet sich die durch 1 qm Stoff in der Minute hindurchgetretene Durchschnittsmenge der Luft mit:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 87 l | 122 l | 111 l | 129 l | 21 l | 84,5 l | 14 l | 216 l |

Durchnäßte Stoffe fand Nocht bei dem Drucke von 0,04 mm Wassersäule sämtlich impermeabel, bei 1 mm Wasserdruck waren nur Lahmann'scher und Jäger'scher Stoff, bei 1—2 mm auch die Flanelle, Leinwand und alter Barchent luftdurchgängig und zwar in dem prozentarischen Betrage (trockener Flanell = 100) von 28 für Lahmann's Stoff, 3,6 für Jäger's Stoff, 2,1 für Flanell, 1,7 für halbwollenen Flanell, 2,5 für alten Barchent und 1,9 Proz. für Leinwand.

Desgleichen fand Hiller bei dem Drucke von 2,8 cm die Permeabilität durchnäßter Kleidungstoffe erheblich herabgesetzt.

Tabelle 10.

Es gingen — nach Hiller — durch 1 qm Stoffe in 1 Sekunde hindurch (Liter Luft):

| Bezugsquelle | No. | Bezeichnung des Stoffes | Trocken | Nafs | Differenz |
|---|---|---|---|---|---|
| F. Falkenburg in Magdeburg | 1 | Sommertuch zu Offizierspaletots | 63,5 | mifslungen | — |
| | 2 | Ganztuch, desgleichen | 60,5 | dto | — |
| | 3 | Doeskin, desgleichen | 48,4 | 2,9 | −45,5 |
| | 4 | Schwarzgraues Manteltuch (Liefertuch) | 54,8 | 14,9 | −40,1 |
| Aus dem Montierungsdepot zu Breslau | 5 | Manteltuch für Mannschaften | 54,3 | 4,6 | −49,7 |
| | 6 | Waffenrocktuch | 58,6 | 5,3 | −53,3 |
| | 7 | Hosentuch | 52,2 | 9,2 | −43,0 |
| | 8 | Baumwollenköper für Unterhosen (leichtes Gewebe) | 53,8 | 4,8 | −49,0 |
| | 9 | Baumwollenkalikot für Unterhosen (leichtes Gewebe) | 63,4 | 6,0 | −57,4 |
| | 10 | Segelleinwand, jetzt zu Hosen, früher Futterleinwand | 57,0 | 20,7 | −37,3 |
| | 11 | Hemdenkalikot | 29,3 | 7,3 | −22,0 |
| | 12 | Drillich für Mannschaften | 34,3 | 13,7 | −20,6 |
| Anderweitig beschafft | 13 | Drillich für Offiziere | 55,9 | — | — |
| | 14 | Flanell | 69,7 | — | — |
| | 15 | Barchent, zu Fufslappen | 68,5 | — | — |
| | 16 | Wollentrikot zu Unterjacken | 73,7 | — | — |
| | 17 | Wollener Strumpf, neu | 67,2 | — | — |
| | 18 | Wollener Strumpf, alt | 77,2 | — | — |

## 5. Dicke der Stoffe.

Nächst dem spezifischen Gewichte der Kleidungsstoffe, aus welchem sich, wie gezeigt, in natürlicher Folge der Luftgehalt, das Porenvolum

und die Luftdurchgängigkeit ableiten lassen, nimmt die Dicke und Elasticität der Zeuge unser Interesse in Anspruch.

Gleiches Rohmaterial und gleiche Verwebungsart vorausgesetzt, muß ein dickerer Stoff absolut ein größeres Porenvolum und einen größeren Luftgehalt aufweisen als ein dünnerer.

Das ist selbstverständlich. In der Praxis kommen unter der gleichen Bezeichnung Gewebe von verschiedener Dicke vor, ohne daß in den Berichten über das Verhalten solcher Stoffe in mannigfaltiger Beziehung auf deren Dicke Rücksicht genommen ist.

Es ist aber zum Verständnis der Funktionen von Kleidungsstoffen die Angabe ihrer Dicke durchaus unerläßlich, worauf bereits Rubner und Schuster[7] aufmerksam gemacht haben.

Die Dicke der Kleidungsstoffe mißt Rubner, indem er ein Gewicht mit vertikalen Stäbchen, von welch letzterem horizontal eine Nähnadel ausgeht, auf die horizontal gelagerten Stoffe legt.

Die Nähnadelmarke wird vor einen in Millimetern geteilten Maßstab gestellt und der Stand der Nadel mittelst Kathetometer abgelesen.

Es wurden bestimmte marktgängige Typen von Bekleidungsstoffen in 8—16 facher Lage bei Belastungen von 0,82, 12,9 und 78,8 g pro $cm^2$ geprüft und dabei die in Tabelle 6 (S. 367) verzeichneten Resultate erzielt.

Hierzu ist zu bemerken, daß der auf die Kleidung entfallende Druck, mit Ausnahme der Fußflächen, nirgends einen erheblichen Wert erreicht.

Aus der Tabelle ergiebt sich, daß die Stoffdicke außerordentlich verschieden ist, hinsichtlich der Komprimierbarkeit (Elasticität) der Kleidungsgrundstoffe bietet sie nur magere Aufschlüsse; es scheint vielmehr daraus die Annahme abgeleitet werden zu können, daß die Webweise für den Elasticitätsgrad in erster und das Grundmaterial erst in zweiter Linie maßgebend ist.

Diese Verhältnisse sind noch nicht klar und bedürfen weiterer Untersuchungen.

## 6. Das Verhalten der Kleidungsgrundstoffe zu Wasserdampf und tropfbarem Wasser.

Da die Kleidungsstoffe beträchtliche Quantitäten von Luft einschließen, versteht sich ihre Hygroskopicität von selbst; welcher Anteil daran der Gewebsfaser als solcher zugeschrieben werden muß, ist nicht ermittelt und wohl auch ohne praktische Bedeutung.

(Siehe Tabelle 11 S. 373.)

Die Tabelle 11 zeigt, daß die Menge des von den Stoffen hygroskopisch aufnehmbaren Wassers von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängt und zu derselben in direktem Verhältnisse steht[8].

Bei wollenen Stoffen ist dieselbe viel größer als bei baumwollenen, Leinwand und alter Flanell stehen in der Mitte, s. Tabelle 12.

(Siehe Tabelle 12 S. 373.)

Es ist üblich, zwischen dem in Form von Dampf in den Stoffen befindlichen und zwischen dem in Form tropfbarer Flüssigkeit vorhandenen Wasser zu unterscheiden.

Tabelle 11.
Hygroskopicität einiger Kleidungsstoffe.

| Nummer | Temperatur in °C. | Relative Feuchtigkeit der Luft in % | Hygroskopisches Wasser auf 1000 Gewichtsteile | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Flanell | Seide | Leinewand | Shirting |
| 1 | + 15.1 | 27 | 36 | 30 | 21 | 20 |
| 2 | + 15.7 | 30 | 48 | 40 | 28 | 25 |
| 3 | + 12,2 | 36 | 54 | 41 | 30 | 29 |
| 4 | + 19 | 43 | 71 | 53 | 37 | 37 |
| 5 | + 15 2 | 47 | 65 | 52 | 42 | 36 |
| 6 | + 20.7 | 54 | — | — | 45 | — |
| 7 | + 12.2 | 54 | 90 | 63 | 48 | 49 |
| 8 | + 18.5 | 55 | 92 | — | 49 | — |
| 9 | + 15.4 | 58 | 92 | 80 | 53 | 55 |
| 10 | + 12.4 | 64 | 104 | 90 | 59 | 57 |
| 11 | — 5.2 | 64 | 115 | 86 | 61 | 60 |
| 12 | + 22.2 | 64 | 117 | 103 | 64 | 64 |
| 13 | — 2 | 73 | 158 | 139 | 90 | 89 |
| 14 | + 7.8 | 83 | 169 | 144 | 96 | 99 |
| 15 | + 13.8 | 85 | 165 | 136 | 98 | 98 |
| 16 | + 8.5 | 93 | 207 | — | 136 | — |
| 17 | + 5,7 | 94 | 213 | 181 | 132 | 137 |
| 18 | + 9,2 | 95 | 218 | 163 | 134 | 135 |
| 19 | + 15,5 | 97 | 217 | 177 | 134 | 154 |
| 20 | + 7,8 | 98 | 225 | 193 | 142 | 155 |
| 21 | + 18,9 | 98 | 235 | 163 | 133 | 128 |
| 22 | + 0,9 | Nebel | 273 | 271 | 206 | 239 |

Tabelle 12.
1000 g Stoff nehmen aus mit Feuchtigkeit gesättigter Luft in 48 Stunden auf ... g Wasser:

| Flanell | Halbwoll. Flanell | Alter Flanell | Jäger's Stoff | Barchent | Alter Barchent | Lahmann's Stoff | Leinwand |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 281 | 227 | 195 | 255 | 164 | 174 | 166 | 206 |

Die letztere Form bezeichnet man nach Coulier als „zwischengelagertes Wasser“ [9].

Es ist klar, daß eine scharfe Grenze zwischen diesen beiden Größen nicht aufzurichten ist. Von dem Momente, als die Kleidungsstoffe den Taupunkt der in ihnen cirkulierenden Luft unterschreiten, muß in denselben tropfbares, sonach zwischengelagertes Wasser entstehen.

Dies wird von außen her erst nach anhaltender Einwirkung einer mit Wasserdampf gesättigten Luft in den oberflächlichen Schichten einer dicken Bekleidung geschehen, leichter und rascher von innen her durch gesteigerte Schweißabsonderung.

Dieses kapillar festgehaltene und durch Kompression der Stoffe nicht abscheidbare Wasser kann eine gewisse Größe erreichen, welche man analog dem Wassergehalte des Bodens mit der kleinsten

Wasserkapacität bezeichnen kann, im Gegensatze zu der maximalen Kapacität, welche sich aus dem Porenvolumen ergiebt.

Bezüglich des letzteren giebt die Tabelle 13 Aufschluß.

Tabelle 13.
Maximale Wasserkapazität verschiedener Bekleidungsstoffe.

| Bezeichnung | 1000 Volumteile wiegen | 1000 Volumteile wiegen nach der Durchnässung | Auf 1 Teil fester Substanz trifft das Xfache an Wasser d. benetzten Stoffes*) |
|---|---|---|---|
| | g | g | g |
| Wollflanell | 101 | 1024 | 11,3 |
| Baumwollflanell | 147 | 1034 | 7,0 |
| Trikot, Seide | 219 | 1051 | 4,8 |
| „ Wolle | 179 | 1042 | 5,8 |
| „ Baumwolle | 199 | 1046 | 5,2 |
| „ Leinen | 348 | 1081 | 3,1 |
| Glatte Baumwolle | 624 | 1144 | 1,8 |
| Glattes Leinen | 665 | 1154 | 1,7 |

Die geringste Wasserkapacität unterliegt je nach der Auspressung großen Schwankungen, so

| | |
|---|---|
| Reinseidetrikot | 1520—2095 |
| Flanell | 1392—1990 |
| Seide-Baumwolle | 1477—1577 |
| Wolltrikot | 1287—1547 |
| Baumwolltrikot | 1143—1203 |

Bei möglichst starker Abpressung bleibt jedoch eine sehr konstante Wassermenge zurück.

Die kleinste Wasserkapacität ist zum Teil von der Benetzbarkeit der Faser abhängig, doch macht letztere nicht alles aus.

So hält z. B. Baumwollentrikot an sich 1203—1143 T. Wasser zurück; mit 9,7 Proz. Lanolin versetzt dagegen nur mehr 524 T.

Mit Aether entfetteter Wollflanell nimmt 1800 T., derselbe in gewöhnlichem Zustande 1392 T. und endlich mit 7,6 Proz. Lanolin versehen 1330 T. Wasser auf.

Die Haftbarkeit des Wassers ist demnach bei mit 9,7 Proz. Lanolin versetzter Baumwolle gegen normale um 57 Proz., bei mit 7,6 Proz. Lanolin versehener Wolle gegen gewöhnliche um 32 Proz. herabgegangen.

Das Verhältnis zwischen maximaler und minimaler Wasserkapacität der Stoffe ist aus der Tabelle 14 ersichtlich.

(Siehe Tabelle 14 S. 375.)

Es geht daraus hervor, daß bei Wollstoffen nur 13 Proz. der Poren bei voller Benetzung mit Wasser gefüllt und noch 87 Proz. für die Luftcirkulation frei sind; selbst im komprimierten Zustande bleiben in Wollstoff noch volle $^2/_3$ des Porenvolumens für Luft durchgängig.

Dagegen schließen sich die Poren glattgewebter Stoffe nach der Benetzung vollständig.

*) Also aufgenommene Wassermenge = 11,3—1,0; 7,0—1,0.

Tabelle 14.
Porenfüllung einiger Bekleidungsstoffe.

| Bezeichnung | a. 1 g Stoff nimmt an maximalem Wasser auf | b. 1 g Stoff nimmt an minimalstem Wasser auf | Verhältnis von a : b in % (Porenfüllung) | Mittel |
|---|---|---|---|---|
| Wollflanell | 10,3 | 1,343 | 13,0 | 13,0 |
| Baumwollflanell | 6,0 | 1,118 | 18,6 | — |
| Trikot, Seide | 3,8 | 1,514 | 39,8 | 37,8 |
| „ Wolle | 4,8 | 1,278 | 26,6 | |
| „ Baumwolle | 4,2 | 1,143 | 27,2 | |
| „ Leinen | 2,1 | 1,191 | 56,7 | |
| Glatte Baumwolle | 0,8 | 0,810 | 100,0 | 100,0 |

Die Trikotgewebe verhalten sich günstiger.

Trikotwolle und Baumwolle schließen benetzt etwa den vierten Teil ihres Porenvolumens, Seidetrikot erheblich mehr und Leinentrikot 57 Proz.

Das abweichende Verhalten dieser Stoffe liegt zum Teil an der Eigenart der Grundsubstanz, gewiß aber auch an der Erzeugungsweise, denn bei den beiden Trikotgeweben nimmt mit steigendem spezifischen Gewichte auch der Grad des Porenverschlusses durch Benetzung zu.

Den Wasserreichtum benetzter Gewebe mit Rücksicht auf ihr Volumen illustriert Tabelle 15.

Tabelle 15.

| Trikotgewebe | Spez. Gewicht | Porenvolum für 1000 | Durch Benetzung schliefsen sich |
|---|---|---|---|
| Wolle | 0,179 | 863 | 26,0 % der Poren |
| Baumwolle | 0,199 | 847 | 27,2 „ „ „ |
| Seide | 0,219 | 832 | 39,8 „ „ „ |
| Leinen | 0,348 | 733 | 56,7 „ „ „ |

| | Vorhandenes Porenvolum, trocken | Vorhandenes Porenvolum, nach Benetzung |
|---|---|---|
| Woll. Flanell | 923 | 803 |
| Baumwoll. Flanell | 888 | 723 |
| Trikot, Seide | 832 | 501 |
| „ Wolle | 833 | 612 |
| „ Baumwolle | 847 | 617 |
| „ Leinen | 733 | 318 |
| Glatte Baumwolle | 520 | 0 |

Von hygienischer Bedeutung ist auch die Schnelligkeit, mit welcher die Stoffe Wasser aufnehmen (Benetzbarkeit) und dasselbe wieder zur Verdunstung bringen (Verdunstungsvermögen).

Am schwersten benetzbar sind Wollstoffe, nicht sowohl wegen des Fettgehaltes, sondern hauptsächlich wegen des Hornschüppchenüberzuges und einer eigentümlichen Rauhigkeit der Faser.

Leichter benetzen sich Leinwand und Baumwolle, am raschesten Seide.

Apretierte Gewebe benetzen sich schwerer als gewaschene, warmes Wasser benetzt leichter als kaltes.

Gleich große Stücke verschiedener Stoffe zeigen beim Schwimmen auf dem Wasser folgendes Verhalten:

Leinwand, getragener Barchent und alter, abgetragener Flanell saugen sich sofort gänzlich voll Wasser. Jäger's Normalstoff zeigt nach 1 1/2—2 Stunden zahlreiche feuchte Stellen auf der Oberseite. Lahmann'scher Stoff erst nach 5—12 Stunden. Barchent saugt sich nach mehreren Stunden von den Rändern her an der Unterseite vollständig voll, während die Oberseite durchfeuchtete Stellen aufweist; Flanell und Halbwollflanell schwimmen tagelang, ohne sich zu durchtränken; beim Aufheben fließt das Wasser glatt ab.

Beregnungsversuche gaben ähnliche Resultate. Alter Barchent und Leinwand waren in der ersten Minute durchregnet, Barchent zeigte nach 5 Minuten feuchte Stellen an der Unterseite, alter, getragener Flanell nach 10 Minuten, Jäger- und Lahmann'scher Stoff, sowie Reinwoll- und Halbwollflanell erst nach 1/2 Stunde.

Auf Wasser schwimmende Zeuge sinken unter[10]:

Tabelle 16.

| Stoff | in kaltem Wasser | | in warmem Wasser | |
|---|---|---|---|---|
| | ungewaschen | gewaschen | ungewaschen | gewaschen |
| Seide | sofort | nach 5 Sec. | sofort | sofort |
| Leinwand | nach 1 Minute | „ 6 „ | nach 3 Sec. | „ |
| Baumwolle | „ 4 St. 12 Min | „ 4 Min. | „ 5 Min. | nach 5 Sec |
| Flanell | gar nicht | „ 1 St. 36 Min. | „ 25 „ | „ 13 Min |
| Jäger's Normalstoff | „ | gar nicht | „ 28 „ | „ 21 „ |

Das Verdunstungsvermögen durchnäßter Stoffe ist aus Tabelle 17 zu entnehmen.

Tabelle 17.

Verdunstungsvermögen verschiedener Stoffe.

1 qm Stoff enthält Gramme Wasser.

| | durchnäßt | Dauer der Trockenzeit nach Stunden | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Flanell . | 427 | 361 | 225 | 215 | 151 | 94 | 53 | 29 | 24 | 17 | 17 | | | |
| Halbwoll. Flanell | 451 | 416 | 326 | 278 | 226 | 181 | 132 | 53 | 22 | 13 | 13 | | | |
| Alter Flanell . | 453 | — | 395 | 341 | 264 | 208 | 144 | 58 | 25 | 19 | 18 | | | |
| Jäger's Stoff . . | 727 | 611 | 533 | 461 | 374 | 298 | 216 | 205 | 61 | 33 | 26 | 20 | 16 | 15 |
| Barchent . . . | 449 | 417 | 356 | 301 | 235 | 186 | 131 | 62 | 16 | 11 | 11 | | | |
| Alter Barchent . | 392 | 345 | 300 | 242 | 174 | 133 | 63 | 12 | 11 | 8 | 8 | | | |
| Lahmann's Stoff | 601 | 548 | 482 | 417 | 348 | 287 | 242 | 159 | 92 | 16 | 16 | 12 | 10 | |
| Leinwand . . | 297 | 187 | 102 | 30 | 25 | 21 | 15 | 14 | 14 | | | | | |

Leinwand giebt das aufgenommene Wasser weit rascher ab als alle anderen Stoffe, wie dies bereits Pettenkofer konstatierte.

Durchnäßte Kleidung haftet an der Haut, bewirkt starkes Kältegefühl und behindert bisweilen die Bewegung.

Besonders die glattgewebten Seide-, Leinen- und Baumwollstoffe legen sich dicht an, weniger die Trikotbaumwolle und am wenigsten die Trikot- und Flanellwollgewebe.

Rubner mißt die Klebekraft durchnäßter Stoffe, indem er an einer Wage die eine Wagschale durch eine Glasplatte ersetzt und unter dieselbe die gleichfalls auf eine Glasplatte gelegten benetzten Stoffe schiebt.

Die Wageglasplatte wird nun sachte angedrückt und die freie Schale se weit belastet, bis sich die Glasplatte von der Unterlage losreißt.

Bei sorgfältigem Vorgehen giebt die Methode vergleichbare Resultate. Vor dem jedesmaligen Freigeben der Gewichte ist die Platte an die Unterlage leicht anzudrücken.

Tabelle 18 veranschaulicht die diesbezüglichen Ergebnisse.

Tabelle 18.

Klebekraft durchnäßter Kleidungsstoffe nach Rubner.

| Bezeichnung | Viel Wasser g Zugkraft | Ausgepresst g Zugkraft |
|---|---|---|
| Trikot, Wolle | 76,0 | 1,2 |
| Flanell | 24,1 | 1,6 |
| Trikot, Seide | 300,0 | 3,5 |
| „ Baumwolle | 400,0 | 4,3 |
| Shirting | 350,0 | 12,5 |
| Dünnes Leinen | 400,0 | 80,0 |
| Shirting, appret. | 395,0 | 213,0 |
| Wasser | 400,0 | — |

Selbst bei maximaler Kapacität lösen sich Wollflanell und -trikot leicht von der Platte. Seide und Baumwolltrikot haftet weit fester, noch mehr Shirting.

Bei minimaler Kapacität haften Wollflanell und Trikotwolle fast nicht, mehr Seide und Baumwolltrikot, am meisten glatter Shirting, Leinen und appretierte Stoffe.

Die Appretur erhöht mit der Glätte auch das Haftvermögen der Stoffe so sehr, daß die Unterschiede zwischen maximaler und minimaler Benetzung sehr ausgeglichen werden.

Von großem Einfluß auf das Haften scheint die Oberflächenbeschaffenheit, die Porengröße uud die Menge des in der Volumeneinheit enthaltenen Wassers zu sein.

## 7. Die thermischen Eigenschaften der Kleidungsstoffe.

Bei der Wärmeabgabe von Kleidungsstoffen spielt die Strahlung eine typische Rolle.

Krieger[1] war durch seine Versuche, bei denen mit warmem Wasser gefüllte Metallcylinder mit den Stoffen überzogen und die Zeit notiert wurde, innerhalb welcher das Wasser eine gewisse Abkühlung erfuhr, zu dem Ergebnisse gekommen, daß die Wärmestrahlung der Wolle = 100 gesetzt, für nachstehende Stoffe folgende Werte zu verzeichnen sind:

| | |
|---|---|
| Waschleder | 100,5 |
| Seide | 102,5 |
| Baumwolle | 101,0 |
| Leinwand | 102,0 |

Daraus zog er die Schlußfolgerung, daß es für die Wärmestrahlung gleichgiltig ist, ob wir zur äußersten Hülle unserer Bekleidung Wolle, Leder oder irgend einen anderen Stoff nehmen.

Da nun aber die Dicke der Schichten, von welcher die Abkühlungszeit wesentlich abhängig ist und mit welcher der Einfluß der Strahlung auf die Gesamtabkühlung immer mehr abnimmt, hier nicht berücksichtigt erscheint, so können obige Zahlen nicht der Ausdruck für das Strahlungsvermögen sein.

Direkte Resultate erlangt man nach Melloni, Tyndall, Laprovostage und Desains, Knoblauch und Rubner[12] durch Messung der ausgestrahlten Wärme mittelst Thermosäule und Galvanometer, wobei die Spiegelablenkungen direkt dem Intensitätsverhältnisse der Strahlung entsprechen.

Rubner befestigte die Stoffe zu diesem Zwecke an einem Leslieschen Würfel, welcher ganz mit Wasser von 99—100° gefüllt und während der Versuche bei dieser Temperatur erhalten wurde.

Als wichtigste Resultate sind hervorzuheben: Gleichartige Gewebe aus verschiedenartigen Grundstoffen strahlen gleichmäßig aus, während Stoffe von ungleicher Webeweise große Unterschiede im Wärmestrahlungsvermögen aufweisen.

Trikot und Flanellstoffe von guter Herstellung in ungebrauchtem Zustande sind an Strahlungsvermögen gleich.

Appretierte Baumwolle hat ein kleineres Strahlungsvermögen als gewaschene.

Sämtliche Kammgarnstoffe strahlen mehr Wärme aus als appretierte Baumwolle.

Die relativen Strahlungswerte stellen sich nach den Versuchen, für appretierte Baumwolle = 100, folgendermaßen:

| | |
|---|---|
| Glänzender Seidenstoff | 95,0 |
| Appretierte Baumwolle | 100,0 |
| Waschleder | 108,9 |
| Sommerkammgarn | 112,5 |
| Gewaschene Baumwolle | 116,6 |
| Wollflanell | 124,0 |
| Trikotseide | 124,2 |
| Trikotbaumwolle | 124,2 |
| Trikotwolle | 125,3 |

Den Wärmeverlust durch Strahlung bei 15° C pro 1 qm und 1 Stunde mit 4,16 Kalorien angenommen, welche der Péclet'schen Konstante ziemlich nahe kommt, ergiebt sich das Strahlungsvermögen nach absolutem Maße:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| bei | Seidenstoff | mit | 3,46 | Kal. |
| „ | appretierter Baumwolle | „ | 3,65 | „ |
| „ | Waschleder | „ | 3,97 | „ |
| „ | Sommerkammgarn | „ | 4,11 | „ |
| „ | Russ | „ | 4,16 | „ |
| „ | gewaschener Baumwolle | „ | 4,25 | „ |
| „ | Wollflanell | „ | 4,51 | „ |
| „ | Trikotbaumwolle | „ | 4,53 | „ |
| „ | Trikotwolle | „ | 4,58 | „ [19] |

Die Aufnahme gestrahlter Wärme seitens verschiedener Kleidungsstoffe ist nach Krieger bei weißen Zeugen annähernd gleich.

Diejenige von Baumwolle mit 100 angesetzt, ergiebt sich für Leinen 98, Flanell 102, Seidenzeug 108.

Bei gefärbten Stoffen ergeben sich je nach der Farbe folgende Unterschiede: weiß 100, blaß-schwefelgelb 102, dunkelgelb 140, hellgrün 155, dunkelgrün 168, türkischrot 165, hellblau 198, schwarz 208.

Coulier[13] hat eine Anzahl dünnwandiger, mit verschiedenen Zeugen überzogener Glasröhren gleich lange Zeit der Bestrahlung durch die Sonne ausgesetzt.

Bei + 27° C im Schatten (+ 36° C in der Sonne) stieg die Temperatur:

| | | | Differenz |
|---|---|---|---|
| im unbedeckten Glasrohr . . . . | auf | 37,5° | — |
| bezogen mit baumwollenem Hemdstoff . | „ | 35,1° | — 2,4° |
| „ „ „ Futterstoff . | „ | 35,5° | — 2,0° |
| „ „ ungebleichter Hanfleinwand . | „ | 39,6° | + 2,1° |
| „ „ dunkelblauem Soldatentuch . | „ | 42,0° | + 4,5° |
| „ „ scharlachrotem „ . | „ | 42,0° | + 4,5° |
| „ „ „ Tuch für Unteroffiziere | „ | 41,4° | + 3,9° |
| „ „ dunkelblauem „ „ „ | „ | 43,0° | + 5,5° |
| „ „ blaugrauem Manteltuch . . | „ | 42,5° | + 0,5° |

Außerdem sind die Haut sowie die Kleidungsstoffe nach den Untersuchungen von Dodneff und Boubnoff für die chemischen Sonnenstrahlen und zwar letztere bis auf eine Tiefe von etwa 15 mm durchgängig.

Die Durchgängigkeit ist bei nicht gefärbten Zeugen größer als bei gefärbten, insbesondere bei schwarzen.

Diese Durchgängigkeit für chemische Strahlen steht mit jener für Luft in keinem Zusammenhange[15].

Bezüglich der Wärmeleitungsfähigkeit von Baumwolle, Schafwolle und Seide im unverarbeiteten Zustande, als Faser, liegen Untersuchungen von Schuhmeister vor, welche mittelst des Apparates von Stefan zur Untersuchung über das Wärmeleitungsvermögen der Gase angestellt sind.

Danach stellt sich, das Wärmeleitungsvermögen der Luft = 1 gesetzt, im Mittel jenes der Baumwolle = 37, der Schafwolle = 12, der Seide = 11, demnach das Leitungsvermögen der Kleidungsgrundstoffe erheblich größer als jenes der Luft.

Krieger, Schuster und Nocht haben mittelst Metallcylindern, welche mit warmem Wasser angefüllt und auf welche die Stoffproben, also die bereits zu Geweben verarbeiteten Fasern aufgespannt waren, entweder die Zeit, innerhalb welcher ein bestimmter Wärmeverlust eintrat, oder diesen nach 40 Minuten ermittelt.

Schuster hat die ursprüngliche Krieger'sche Anordnung durch mancherlei Modifikationen verbessert, Nocht aber bei seinen Versuchen davon abgesehen.

Die Ergebnisse der Versuche Schuster's enthält

Tabelle 19.

Wärmeleitung verschiedener Kleiderstoffe nach Schuster.

| Stoffe | Abkühlung um ° C in 40 Minuten | Hemmung der Wärmeabgabe in 40 Minuten in Prozenten |
|---|---|---|
| Unbekleideter Cylinder | 10,20 | — |
| Leinwand einfache Lage | 9,80 | 3,9 |
| Shirting „ „ | 9,55 | 6,4 |
| Seidenstoff „ „ | 9,40 | 7,9 |
| Flanell „ „ | 8,33 | 18,4 |
| Leinwand, doppelte „ | 9,40 | 7,9 |
| Shirting „ „ | 8,93 | 12,5 |
| Seidenstoff „ „ | 9,08 | 11,0 |
| Flanell „ „ | 7,25 | 28,9 |
| Leinwand, siebenfache Lage | 8,37 | 18,0 |
| Kammgarnstoff (Sommerstoff) | 8 83 | 13,5 |
| Satin | 8,55 | 16,2 |
| Cheviot | 7,82 | 25,4 |
| Winterbuckskin | 7,45 | 27,0 |
| Winterpaletotstoff | 6,86 | 32,8 |
| Glacéhandschuhleder [1]) | 8,22 | 19,4 |
| Waschleder [1]) | 8,01 | 21,5 |
| Jäger's Normalstoff, dünnerer, nicht gespannt | 8,65 | 15,2 |
| Derselbe, etwas mehr gespannt | 8,92 | 12,6 |
| Jäger's Normalstoff, dickerer, nicht gespannt | 8,15 | 20,0 |
| Hellblaues Militärtuch | 8,05 | 21,1 |
| Guttaperchastoff (Regenmantel) | 9,70 | 4,9 |

Tabelle 20 bringt Nocht's Versuchsresultate zur Anschauung.

Tabelle 20.

Wärmeleitung verschiedener Kleiderstoffe nach Nocht.

| Stoffe | trocken | | nafs | |
|---|---|---|---|---|
| | Abkühlung um ° C in 40 Minuten | Im Vergleich zu trockener Leinwand | Abkühlung um ° C in 40 Minuten | Im Vergleich zu trockener Leinwand |
| Flanell | 5,95 | 88,2 | 9,90 | 146,7 |
| Halbwoll. Flanell | 6,05 | 89,6 | 9,75 | 144,4 |
| Alter Flanell | 5,95 | 88,2 | 10,00 | 148,2 |
| Jäger's Normalstoff | 6,40 | 94,8 | 9,80 | 145,3 |
| Barchent | 5,90 | 87,4 | 12,10 | 179,3 |
| Alter Barchent | 6,60 | 97,8 | 12,60 | 186,7 |
| Lahmann's Stoff | 5,90 | 87,4 | 11,95 | 177,0 |
| Leinwand | 6,75 | 100,0 | 12,50 | 185,3 |

Die nach diesen Befunden beträchtliche Verschiedenheit der Wärmeabgabe der einzelnen Stoffe erklärt sich, wie bereits Schuster in weiterer Verfolgung seiner Untersuchungen herausfand, aus der Nichtberücksichtigung der Dicke der Stoffe.

1) Die beiden Ueberzüge für Glacéhandschuh- und Waschleder waren ziemlich weit, und es sind daher die gefundenen Zahlen wohl etwas zu hoch.

Er kam bei Berücksichtigung des genannten Faktors zu dem Resultate, daß Kleidungsstoffe von gleicher Dicke die Wärme gleich gut leiten.

Daraus erhellt abermals die fundamentale Funktion der Dicke der Kleidungsstoffe.

Neuestens hat Rubner[16]) über die Abhängigkeit des Wärmedurchgangs durch trockene Kleidungsstoffe von der Dicke der Schicht wertvolle Mitteilungen gemacht, aus welchen hier nur hervorgehoben werden mag, daß innerhalb der bei der Bekleidung in Betracht kommenden Temperaturgrenzen eine Inkongruenz zwischen gesamter Wärmeabgabe und Wärmestrahlung nicht besteht, und daß die Wärmeleitung durch die ersten deckenden Schichten weit energischer gehemmt wird als durch die späteren.

Umhüllt man einen Metallwürfel, der auf 100° geheizt ist, mit einem dünnen Baumwollstoff und dann mit immer zahlreicheren Lagen, so erhält man folgenden, auch für andere Temperaturen und andere Stoffe geltenden gesetzmäßigen Abfall:

| Dicke | Wärmeverl. | Dicke | Wärmeverl. |
|---|---|---|---|
| 0 mm | 100 | 4 mm | 57 |
| 1 " | 77 | 5 " | 53 |
| 2 " | 68 | 10 " | 41 |
| 3 " | 65 | 15 " | 30[17] |

Nur bei dünnen Lagen ist bei dem Vergleiche von Stoffen untereinander die Wärmestrahlung als wesentlicher Faktor zu berücksichtigen.

Die Wärmeleitung der Stoffe wird durch zwischengelagertes Wasser sehr beträchtlich erhöht.

Wenn man auf einen Metallwürfel, der mit heißem Wasser gefüllt ist, trockene oder feuchte Kleidungsstoffe aufzieht und sie mit einer Metallplatte bedeckt, so giebt die von der Platte ausgestrahlte Wärme ein Maß für die durch die Stoffe hindurchgeleiteten Wärmemengen.

Als Beispiel möge Folgendes dienen:

| | Trockener Stoff Galvanometerausschlag | Feuchter Stoff Galvanometerausschlag |
|---|---|---|
| 2 Lagen Flanellstoff (Wolle) | 41° | 77° |
| 4 " " " | 33° | 77° |
| 8 " " " | 25° | 70° |

Durchnäßte Stoffe bringen nach den früheren Anführungen das Wasser in verschiedener Art zur Verdunstung.

Damit ergiebt sich auch ein verschiedener Wärmeverlust. 'Dies veranschaulicht bereits Tabelle 20 (S. 380).

Nach Rumpel[18] verliert in Uebereinstimmung mit dem Vorgetragenen ein mit feuchter Flanellbinde umgebener Arm durch Leitung und Strahlung nahezu ebenso viel Wärme wie ein völlig unbekleideter, durchschnittlich 7,75 Kalorien pro Stunde, durch Wasserverdunstung noch um 15 Kalorien mehr.

## C. Die Kleidung.

Aus den geschilderten, hygienisch belangreichen Eigenschaften der wichtigsten Kleidungsstoffe läßt sich bereits ein allgemeiner Ueberblick gewinnen über die zweckmäßige Verwendung derselben zur Anfertigung

einer Bekleidung, welche den klimatischen und jahreszeitlichen Verhältnissen volle Rechnung trägt.

Bei eingehenderer Betrachtung wird es weiter verständlich, daß eine rationelle Bekleidung meist aus mehreren Stücken und Lagen bestehen muß von verschiedener Dicke und Webweise, wenn dieselbe unter allen Umständen ein volles Behagen gewähren soll.

Ob dazu — abgesehen namentlich von der Fußbekleidung — verschiedene Grundstoffe unbedingt erforderlich oder auch nur den hygienischen Interessen durchweg förderlich sind, ist nicht entschieden.

Die bezüglich der Eigenschaften der Kleidungsstoffe ermittelten Thatsachen bedürfen aber noch der ergänzenden Forschung und Beobachtung über das Verhalten der daraus angefertigten Kleidung und deren Rückwirkung auf den bekleideten Körper.

Der relative Wert älterer Beobachtungen und Angaben, soweit solche überhaupt über diese Verhältnisse bestehen, wird durch die Bemerkung nicht geschmälert, daß die streng wissenschaftliche Bearbeitung der hier in Betracht kommenden Fragen erst in jüngster Zeit begonnen hat.

## 1. Dicke, Gewicht, Menge der Kleidung.

Die Kardinalbedeutung der *Dicke* einzelner Kleidungsstoffe muß naturgemäß auch für die ganze Kleidung gelten.

Bei der letzteren tritt hierzu noch ein wesentlicher Faktor, der *Abstand der verschiedenen Kleiderschichten* nach ihrer jeweiligen Uebereinanderlagerung an den bekleideten Körperstellen, der mit Luft erfüllt ist.

Dieser Abstand unterliegt je nach der Art und Form der Kleidungsstücke, je nach der Gestaltung und Bewegung der bekleideten Körperteile einem fortwährenden Wechsel.

Dessenungeachtet gewähren die Angaben *Rubner's* über Messungen von Kleidungsdicken wertvolle Orientierungen. Derselbe fand:

| am Rumpf: | | |
|---|---|---|
| Wollhemd (Trikot) | = | 2,5 mm |
| Leinenhemd | = | 0,5 „ |
| Weste (gefüttert) | = | 5,0 „ |
| Rock (gefüttert) | = | 7,0 „ |
| Winterüberzieher | = | 14,0 „ |
| Summa | = | 29,0 mm |
| Ohne Ueberzieher | = | 15,0 mm |

| am Arm: | | |
|---|---|---|
| Wollhemd | = | 2,5 mm |
| Hemd | = | 0,5 „ |
| Rock | = | 2,0 „ |
| Ueberzieher | = | 6,0 „ |
| Summa | = | 11,0 mm |
| Ohne Ueberzieher | = | 5,0 mm |

| am Bein: | | |
|---|---|---|
| Wollhose | = | 2,5 mm |
| Beinkleid | = | 1,5 „ |
| Summa | = | 4,0 mm |

*In einem anderen Falle* war die Bekleidung

| | | |
|---|---|---|
| des Rumpfes mit | 22 | mm |
| jene des Armes mit | 8 | „ |
| „ „ Beines „ | 6 | „ |

gefunden und zugleich die Dicke der Stoffe gemessen.

Daraus ergab sich die Dicke der zwischen den Kleidungsstücken befindlichen Luft bei natürlicher Lagerung.

| | Dicke | der Stoffe mm | in % | Luftschicht in % |
|---|---|---|---|---|
| Rumpf | 22 | 7,5 | 34,3 | 65,7 |
| Arm | 8 | 3,9 | 49,1 | 50,8 |
| Bein | 6 | 3,3 | 55,1 | 44,9 |

Durch das Anlegen der Kleidungsstücke erhöht sich die Schicht ungefähr auf das 2,45-fache.

*Die zwischengeschaltete Luftschicht beträgt also ungefähr die Hälfte der gesamten Kleidungsdicke.*

Als Gesamtdurchschnitt (ohne Winterüberzieher) läßt sich eine deckende Schicht von 8,6 mm annehmen, bei einem Gewichte der Kleidung von 4300 g, sodaß auf 1 $cm^2$ der bekleideten Fläche 0,24 g Kleidungsstoff entfällt.

Hieraus ergiebt sich das spezifische Gewicht der Kleidung mit 0,27 g, und daraus folgt weiter, daß von 1000 Teilen der Kleidung 146 Teile auf Grundstoff und 854 Teile auf Luft entfallen.

Die lockere Lagerung der Kleidungsstücke ist also mit einem beträchtlichen Lufteinschlusse verbunden.

*Das Gewicht der Kleidung* wechselt nach *Pettenkofer* beim *Manne* zwischen 2,5—3 kg im Sommer und 6—7 kg im Winter; jene der *Frau* ist um weniges schwerer.

*Müller* fand das *Gesamtgewicht der preußischen Soldatentuchkleidung* ohne Mantel mit 4,581, mit Mantel 6,827 kg, das Gewicht des Drillichanzuges mit 3,738 kg.

Demgegenüber ist der Befund interessant, daß ein *Hund* von 4—5 kg trotz seiner verhältnismäßig großen Oberfläche nur über 70 g Behaarung als Winterpelz verfügt.

## 2. Kleiderluft.

Die beträchtliche Menge der in den Kleidungsstoffen enthaltenen Luft wird in der Kleidung, wie gezeigt, noch erheblich durch Luftschichten vermehrt, welche sich je nach dem Lagerungsverhältnisse der Kleidungsstücke einschalten

Diese gesamte *Kleiderluft nimmt* vermöge ihres längeren Verweilens an der Körperoberfläche *eine von der Zimmer- oder Außenluft abweichende Zusammensetzung* an.

In erster Linie kommen hierbei die gasförmigen Produkte in Betracht, welche von der Haut direkt geliefert werden, in zweiter Linie solche Ausscheidungen, welche in Berührung mit und namentlich bei längerem Verweilen in der Kleidung gasige Substanzen bilden könnten.

Bis anher ist in dieser Beziehung nur das *Verhalten der $CO_2$ in der Kleiderluft* untersucht.

Daß dieselbe im allgemeinen reicher an $CO_2$ ist als die Umgebungsluft, zeigt Tabelle 21, wo der $CO_2$-Gehalt einer leicht ventilierbaren Sommerkleidung vorn an der Brust dargestellt ist [20].

(S. Tabelle 21 S. 384.)

Die *Luftproben* wurden mittelst der kleinen. an *Voit*'s kleinem Respirationsapparat befindlichen Pumpen und damit verbundenen Kautschukschläuchen, welche zwischen dem Halsbund und der Haut bis an die gewünschte Kleidungsstelle geführt wurden, entnommen.

Den natürlichen Ventilationsverhältnissen entsprechend wurden die Pumpen

Tabelle 21.

$CO_2$ in der Kleiderluft.

| Prozente der Kohlensäure | | ccm $CO_2$ pro 100 ccm mehr in der Kleiderluft |
|---|---|---|
| in der atm. Luft | in der Kleiderluft | |
| 0,048 | 0,078 | 0,030 |
| 0,011 | 0,069 | 0,028 |
| 0,038 | 0,067 | 0,029 |

so eingerichtet, und deren Geschwindigkeit dahin ermäßigt, daß nur 1000 $cm^3$ in der Stunde genommen wurden.

Die Luftproben wurden durch eine Flasche mit feuchtem Bimsstein geleitet, darauf durch Pettenkofer's Absorptionsröhren und schließlich durch eine Gasuhr.

Der gesamte Ueberschuß an $CO_2$ in der Kleiderluft gegen jene der Umgebungsluft rührt von der Haut her.

Der $CO_2$-Gehalt der Kleiderluft ist in verschiedenen Kleidungsabschnitten verschieden groß (Tabelle 22), was zum wesentlichen Teile den verschiedenen Ventilationsbedingungen zuzuschreiben ist.

Tabelle 22.

$CO_2$ in verschiedenen Kleidungsabschnitten.

| Brust. | | Rücken. | | Arm. | | Bein. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| % $CO_2$ der Kleiderluft | $cm^3$ $CO_2$ mehr pro 100 ccm als in atm. Luft | % $CO_2$ der Kleiderluft | $cm^3$ $CO_2$ mehr pro 100 ccm. als in atm. Luft | % $CO_2$ der Kleiderluft | $cm^3$ $CO_2$ mehr pro 100 ccm als in atm. Luft | % $CO_2$ der Kleiderluft | $cm^3$ $CO_2$ mehr pro 100 ccm als in atm. Luft |
| 0,078 | 0,030 | | | 0,059 | 0,011 | 0,077 | 0,029 |
| 0,079 | 0,036 | | | 0,066 | 0,024 | 0,067 | 0,025 |
| 0,098 | 0,060 | 0,069 | 0,031 | 0,062 | 0,023 | | |
| 0,072 | 0,036 | 0,050 | 0,015 | | | 0,061 | 0,025 |
| 0,062 | 0,028 | 0,058 | 0,018 | | | | |

Um eine richtige Vorstellung über den $CO_2$-Gehalt der Kleiderluft zu gewinnen, ist die Untersuchung möglichst zahlreicher Luftproben aus vielen Abschnitten der Kleidung unerläßlich.

Ueber den $CO_2$-Gehalt der Kleiderluft in verschiedenen Kleidungen giebt Tabelle 23 Aufschluß.

(S. Tabelle 23 S. 385.)

In den verschiedenen Abschnitten der Kleidung ist also der $CO_2$-Gehalt wegen der Verschiedenheit der Ventilation ungleich, dagegen in dem nämlichen Abschnitte ceteris paribus ziemlich konstant.

Mit der Aenderung in der Zahl, Dicke und dem Stoffe der Kleidungsstücke ändert sich der $CO_2$-Gehalt der Kleiderluft, wie aus folgender

Tabelle 23.

$CO_2$-Gehalt der Kleiderluft in verschiedenen Kleidungen.

| Art der Bekleidung | Brust. Gehalt der Kleiderluft an | | Rücken. Gehalt der Kleiderluft an | | Arm. Gehalt der Kleiderluft an | | Bein. Gehalt der Kleiderluft an | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ % | $CO_2$ % mehr als atm. Luft | $CO_2$ % | $CO_2$ % mehr als atm. Luft | $CO_2$ % | $CO_2$ % mehr als atm. Luft | $CO_2$ % | $CO_2$ % mehr als atm. Luft |
| | 0,078 | 0,030 | | | 0,059 | 0,011 | 0.077 | 0,029 |
| Wollene Unterjacke | 0,069 | 0,028 | 0,058 | 0,018 | | | | |
| Wollenes Hemd | 0.072 | 0,025 | 0,057 | 0,010 | | | | |
| Sommerkleidung | 0,059 | 0,014 | 0,048 | 0,002 | | | | |
| | 0,067 | 0,029 | 0,053 | 0,016 | | | | |
| Der nämliche Anzug + Sommerpaletot | 0,081 | 0,039 | 0.064 | 0,023 | | | | |
| Der nämliche Anzug + Winterrock | 0.097 | 0,055 | 0,080 | 0.037 | | | | |
| Wollene Unterjacke | 0,079 | 0,036 | | | 0,066 | 0,024 | 0,067 | 0,025 |
| | 0,078 | 0,037 | | | | | | |
| Leinenes Hemd | 0,084 | 0,036 | 0,071 | 0,023 | | | | |
| Sommerkleidung | 0,075 | 0,033 | 0,069 | 0,027 | | | | |
| Der nämliche Anzug mit Manschettenhemd | 0,072 | 0,035 | | | | | | |
| | 0,098 | 0,060 | 0,069 | 0,031 | 0,062 | 0,023 | | |
| Der nämliche Anzug | 0,085 | 0,046 | 0,066 | 0,027 | 0,057 | 0,018 | | |
| + Sommerpaletot | 0,097 | 0,053 | 0,070 | 0,026 | | | | |
| | 0,081 | 0,034 | 0,064 | 0,023 | | | | |
| Militär-Anzug, leinene Hosen | 0,074 | 0,035 | 0,059 | 0,019 | | | 0,056 | 0,016 |
| Der nämliche Anzug, wollene Hosen | 0,072 | 0,036 | 0,050 | 0.015 | | | 0,061 | 0,025 |

Zusammenstellung hervorgeht, worin die Zahlen den Ueberschuß der Kleiderluft an $CO_2$ über jene der Zimmerluft ausdrücken.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Wollenes Hemd allein . | Brust | + 0,028 | ccm | pro | 100 |
| | Rücken | + 0,015 | ,, | ,, | 100 |
| + Weste und Rock . . | Brust | + 0,029 | ,, | ,, | 100 |
| | Rücken | + 0,016 | ,, | ,, | 100 |
| + Sommerpaletot . . | Brust | + 0,039 | ,, | ,, | 100 |
| | Rücken | + 0,023 | ,, | ,, | 100 |
| + Winterrock . . . | Brust | + 0,055 | ,, | ,, | 100 |
| | Rücken | + 0,037 | ,, | ,, | 100 |

Jedem Anzuge kommt sonach ein bestimmter $CO_2$-Gehalt der Kleiderluft zu.

Da nun die $CO_2$-Ausscheidung der bekleideten Haut, welche im Ganzen pro die auf 8 g zu veranschlagen ist, sich insolange nicht ändert, als die Temperatur derselben sich nicht bis zur Schweißbildung — etwa 33° — erhöht, so folgt, daß die bei den verschiedenen Kleidungen ermittelte Verschiedenheit des $CO_2$-Gehaltes der Kleider-

luft einzig und allein von den verschiedenen Ventilationsverhältnissen derselben bedingt ist und selbst ein Maß dieser Ventilation abgiebt.

Die Formel $V = \frac{100\,A}{a}$ läßt die Größe der Ventilation einer Kleidung berechnen.

$A$ = Menge der in der Stunde von der bekleideten Haut abgegebenen $CO_2$ = 177,7 ccm, $a$ = der aus zahlreichen Kleidungsabschnitten ermittelte Durchschnittswert, um welchen die Kleiderluft-$CO_2$ jene der Umgebungsluft übertrifft, $V$ = die Menge atmosphärischer, für die Ventilation der Kleidung verbrauchter Luft.

Die Größe $a$ darf, falls das Gefühl der Behaglichkeit nicht gestört werden soll, ca. 0,08 Proz. $CO_2$ nicht überschreiten.

Die nach den vorangehenden Weisungen ermittelte Ventilationsgröße der Kleidung gewährt zugleich einen zureichenden Einblick in die Luftdurchgängigkeit derselben, solange sie nicht mehr oder weniger durchfeuchtet oder durchnäßt ist.

Inwieweit sich bei durchnäßten Kleidungen verschiedener Stückzahl und Dicke die Verhältnisse anders gestalten als bei den einzelnen Bekleidungsstoffen, für welche dieselben, wie früher gezeigt, bereits festgestellt sind, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

Fernerhin ist nicht außer acht zu lassen, daß sich die ermittelten Werte der Ventilationsgröße und Permeabilität der trockenen Kleidung für Luft nur auf Zimmerversuche und verhältnismäßigen Ruhezustand der Versuchsperson beziehen.

Bei Aufenthalt im Freien, lebhafter Bewegung und insbesondere bei stärker bewegter Luft (Wind) erfährt die Kleiderluft einen sehr energischen Wechsel durch die zudringende atmosphärische Luft und damit zugleich eine erhebliche Abnahme der Temperatur, wie namentlich aus den Beobachtungen Hiller's ersichtlich ist.

### 3. Hygroskopisches und zwischengelagertes Wasser in der Kleidung.

Je näher der Haut, desto höher ist die Kleidung temperiert; desto geringer muß sich ceteris paribus der relative Feuchtigkeitsgrad und desto höher das Sättigungsdefizit derselben stellen.

Ungebrauchte Kleidung verliert daher an Gewicht vom Momente der Ingebrauchnahme, weil bei dieser infolge der Erhöhung der Temperatur seitens des bekleideten Körpers ein Anteil Wasserdampf aus der Kleidung entweicht, s. Tabelle 24.

(S. Tabelle 24 S. 387.)

Jene Faktoren, von denen die Aufnahme hygroskopischen Wassers seitens der Kleidung aus der ambienten Luft abhängig ist, treten im allgemeinen sicherlich auch in Wirksamkeit bei der Absorption von Wasserdampf, welcher seitens des Körpers geliefert wird.

Dennoch scheinen für den letzteren Fall die Verhältnisse verwickelter zu sein.

Während Linroth die hygroskopische Wasseraufnahme der Kleidung am Körper bei zweistündiger Versuchsdauer für Wolle mit 4,2 Proz., Seide 3,4 Proz. und für Baumwolle mit 2,2 Proz. ermittelte,

Tabelle 24.

| Bekleidung | Hygroskopisches Wasser der Bekleidung bei 75 % relativer Feuchtigkeit | | | |
|---|---|---|---|---|
| | bei Tragen auf dem Körper | | außerhalb des Körpers | |
| | g. Wasser | % | g. Wasser | % |
| Mantel | 176 | 7,9 | 211 | 11,1 |
| Tuchrock | 77 | 6,1 | 102 | 8,5 |
| Hemd | 14 | 4,6 | 24 | 7,6 |
| Tuchhose | 61 | 7,3 | 91 | 10,1 |
| Unterhose | 13 | 4,4 | 21 | 7,2 |
| Mütze | 11 | 9,4 | 13 | 9,4 |
| Gesamtkleidung | 352 | 8,6 | 465 | 9,0 |

sind von Reichenbach[21] bei längerer Versuchsdauer folgende Werte gefunden.

Tabelle 25.

Wasseraufnahme der Kleidung beim Tragen nach Reichenbach.

| Versuchsdauer | Aufgenommener Wasserdampf in % | | Verhältnis Wolle = 100 |
|---|---|---|---|
| | Wolle | Baumwolle | |
| 2 Stunden | 12,0 | 6,3 | 52,5 |
| 4 „ | 17,4 | 9,4 | 54,0 |
| 6 „ | 19,3 | 11,1 | 57,5 |
| 12 „ | 21,3 | 12,4 | 58,2 |
| 24 „ | 24,8 | 15,0 | 60,5 |

Man kann der Anschauung Reichenbach's beipflichten, daß bei körperlicher Thätigkeit zuweilen eine kräftigere Perspiration ohne Schweißbildung eintritt, welche mit der Zeit zunehmende, beträchtlichere Mengen von hygroskopischem Wasser in die Kleidung schafft, ohne daß zugleich eine prompte Abgabe derselben nach außen erfolgt.

Es hängt dies von der Luftcirkulation und insbesondere dem Durchgängigkeitsgrade der oberen Kleidungsschichten ab.

So wurde für zwei gleichgroße Stücke aus Wolltrikot, welche auf symmetrischen Stellen der Brust, und zwar das eine luftdicht abgeschlossen angebracht waren, gefunden:

Tabelle 26.

| Versuchsdauer | Prozentische Wasseraufnahme der Stücke Wolltrikot | |
|---|---|---|
| | des bedeckten Stückes | des unbedeckten Stückes |
| 4 Stunden | 10,6 | 6,6 |
| 6 „ | 12,5 | 7,0 |
| 18 „ | 21,2 | 7,6 |
| 48 „ | 53,1 | 13,0 |

Da sich aber zwischen den betreffenden Angaben von Linroth und Reichenbach bereits in den ersten zwei Versuchsstunden eine erhebliche Differenz bemerkbar macht, so ist bei der Deutung derselben vor allem des bereits früher betonten Umstandes zu gedenken, daß zwischen „hygroskopischem“ und „zwischengelagertem“ Wasser eben keine scharfe Grenze besteht.

Ueber die in ganzen Bekleidungen und in den einzelnen Stücken solcher enthaltenen Mengen zwischengelagerten Wassers im völlig nassen und ausgerungenen Zustande giebt Tabelle 27 Aufschluß.

Tabelle 27.

Wassergehalt ganzer Kleidungsstücke.

| Kleidungsstück | | Wassergehalt in g | | Gewicht der nassen Kleider | |
|---|---|---|---|---|---|
| Benennung | Gewicht lufttrocken in g | ganz naſs | ausgerungen | ganz naſs | ausgerungen |
| Tuchrock . . . . | 1 256 | 2 694 | 1 644 | 3 950 | 2 900 |
| Tuchrock . . . . | 895 | 1 955 | 1 235 | 2 850 | 2 130 |
| Mütze . . . . . | 176 | 324 | 164 | 500 | 340 |
| Unterhose . . . . | 361 | 1 109 | 748 | 1 470 | 1 109 |
| Hemd . . . . . | 295 | 1 025 | 730 | 1 320 | 1 025 |
| Strümpfe . . . . | 93 | 227 | 83 | 320 | 176 |
| Stiefel . . . . . | 1 505 | 420 | 370 | 1 925 | 1 875 |
| Gesamtkleidung | 4 581 | 8 754 | 5 774 | 13 335 | 10 355 |
| Hierzu noch Mantel | 2 246 | 5 704 | 4 154 | 7 950 | 6 400 |
| Gesamtgewicht | 6 827 | 14 458 | 9 928 | 21 285 | 16 755 |
| Drillichrock . . . | 698 | 1 402 | 704 | 2 100 | 1 402 |
| Drillichhose . . . | 610 | 1 360 | 750 | 1 970 | 1 360 |
| Mütze, Unterhose, Hemd, Strümpfe, Stiefel . . . | 2 430 | 4 105 | 2 895 | 6 535 | 5 325 |
| Gesamtkleidung | 3 738 | 6 867 | 4 349 | 10 605 | 8 087 |

Sehr lehrreich ist Tabelle 28 und 29, welche die in der am Leibe getragenen Kleidung nach 1 Minute langem Untertauchen des Bekleideten znrückgebliebenen Wassermengen zur Anschauung bringen, nachdem noch 2 Minuten für den Ablauf des überschüssigen Wassers verflossen waren.

Tabelle 28.

| Gewicht des Mannes in trockener Kleidung in g | | g Wasser, aufgenommen vom Tuchanzug (Tuchrock, Tuchhose, Unterhose, Hemd, Strümpfe, Stiefel, Leibriemen) | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | im Mittel |
| 69 400 | 65 750 | 7 100 | 6 250 | 6 675 |

Tabelle 29.

| Gewicht des Mannes in trockener Kleidung in g | | g Wasser, aufgenommen vom Drillichanzug (Drillichrock, Drillichhose, Unterhose, Hemd, Strümpfe, Stiefel, Leibriemen) | | |
|---|---|---|---|---|
| a | b | a | b | im Mittel |
| 67 750 | 61 050 | 4 950 | 5 650 | 5 300 |

Die Unterschiede in der Wassermenge der freien und der am Leibe getragenen Kleidung sind bedeutend und lassen sich aus der Annahme, daß 1 Minute Untertauchen zur völligen Durchnässung nicht ausgereicht hätte, nicht erklären; vielmehr wird die Kleidung am Leibe durch gegenseitigen Druck und Zug und durch die Bewegung sozusagen teilweise selbstthätig ausgerungen.

Die Abgabe des zwischengelagerten Wassers aus der Kleidung an die Luft ist, wie das hygroskopische Wasser, direkt abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit.

Während aber die Lufttemperatur für die Menge des hygroskopischen Wassers ohne Belang ist, spielt dieselbe bei der Verdunstung des zwischenhängenden Wassers eine bedeutende Rolle, wie Tabelle 30 und 31 zeigen.

Tabelle 30.

| Kleidungsstück | | | Es verdunsten g Wasser im Sommer | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | von 2 zu 2 Stunden | | | | | Gesamt-Wasser-verdunstung |
| | | | Temperatur | 1. Periode 25—27°C. | 2. Periode —28,6°C. | 3. Periode —26,1°C. | 4. Periode —21,4°C. | Mitteltemperatur / % Feuchtigkeit |
| Benennung | wiegt g lufttrocken | enthält g Wasser | % Feuchtigkeit | 55% | 60% | 65% | 85% | 26.1°C. / 64% |
| Mantel | 2246 | 4234 | — | 1860 | 640 | 186 | 4 | 2690 |
| Tuchrock | 1256 | 1834 | — | 1276 | 330 | 76 | 11 | 1693 |
| Tuchhose | 895 | 1275 | — | 868 | 140 | 59 | 6 | 1073 |
| Mütze | 176 | 246 | — | 82 | 70 | 77 | 2 | 231 |
| Drillichrock | 610 | 720 | — | 420 | 180 | 118 | 3 | 721 |
| Drillichhose | 698 | 732 | — | 230 | 180 | 130 | 26 | 566 |
| Unterhose | 361 | 659 | — | 150 | 80 | 77 | 32 | 339 |
| Hemd | 295 | 555 | — | 350 | 70 | 80 | 12 | 512 |
| Summa | 6537 | 10 255 | — | 5236 | 1690 | 803 | 96 | 7825 |

(Siehe Tabelle 31 S. 390.)

Die Verdunstungskurve steigt bei hoher Lufttemperatur steil an und fällt rasch ab, jene bei niedriger Lufttemperatur bleibt im ganzen Verlaufe erheblich zurück.

Wiederum erscheint die Wasserabgabe der am Leibe getragenen durchnäßten Kleidung von hohem Interesse, wie aus Tabelle 32 und 33 hervorgeht.

(Siehe Tabelle 32 S. 390.)

Tabelle 31.

| Kleidungsstück: Benennung | wiegt g lufttrocken | enthält g Wasser | Es verdunsten g Wasser im Winter von 2 zu 2 Stunden: Temperatur / relative Feuchtigkeit | 1. Periode 3,0-3,4° C. / 80% | 2. Periode —4,2° C. / 75% | 3. Periode —4,0° C. / 70% | 4. Periode —3,4° C. / 70% | Gesamt-Wasserverdunstung (Mitteltemperatur 4,1° C., relative Feuchtigkeit 73%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mantel | 2180 | 4240 | — | 212 | 235 | 254 | 138 | 839 |
| Tuchrock | 1391 | 1524 | — | 70 | 84 | 158 | 102 | 414 |
| Tuchhose | 850 | 1280 | — | 39 | 55 | 100 | 63 | 257 |
| Mütze | 170 | 166 | — | 7 | 8 | 10 | 13 | 38 |
| Drillichrock | 597 | 771 | — | 50 | 80 | 70 | 44 | 244 |
| Drillichhose | 681 | 704 | — | 30 | 58 | 85 | 55 | 228 |
| Unterhose | 378 | 627 | — | 38 | 45 | 57 | 53 | 193 |
| Hemd | 315 | 401 | — | 44 | 50 | 33 | 14 | 141 |
| Summa | 6562 | 9713 | — | 490 | 615 | 767 | 482 | 2354 |

Tabelle 32.

| Zeit | Tuchanzug: Tuchrock, Tuchhose, Unterhose, Hemd, Strümpfe, Stiefel, Leibriemen, Halsbinde; Gewicht lufttrocken im Durchschnitt: 4707 g; g Wasser aufgenommen im Durchschnitt: 6675 g — Wasser abgegeben: Gewicht | von 100 g aufgenommenen Wassers % |
|---|---|---|
| Nach 15 Minuten | 2700 g | 40 |
| „ 30 „ | 525 „ | 8 |
| „ 45 „ | 225 „ | 3 |
| „ 60 „ | 426 „ | 6 |
| „ 75 „ | 175 „ | 3 |
| Summa | 4050 g | 60 |

Tabelle 33.

| Zeit | Drillichanzug: Drillichrock, Drillichhose, Unterhose, Hemd, Strümpfe, Stiefel, Leibriemen, Halsbinde; Gewicht lufttrocken im Durchschnitt: 4105 g; g Wasser aufgenommen im Durchschnitt: 5300 g — Wasser abgegeben: Gewicht | von 100 g aufgenommenen Wassers % |
|---|---|---|
| Nach 15 Minuten | 1600 g | 31 |
| „ 30 „ | 650 „ | 12 |
| „ 45 „ | 500 „ | 10 |
| „ 60 „ | 500 „ | 10 |
| „ 75 „ | 225 „ | 4 |
| Summa | 3475 g | 67 |

Zuerst zeigen die Tabellen, daß die *Verdunstung von der am Leibe getragenen durchnäßten Kleidung* infolge der kräftigen Beheizung seitens des eingehüllten Körpers sehr energisch vor sich geht, ferner gelangt dabei die Eigenart der Stoffe in demselben Sinne zur Geltung, wie dies schon früher erörtert ist.

Wollkleidung nimmt absolut und relativ große Wassermengen auf und giebt sie nur langsam ab, während Leinen- und Baumwollkleidung das in geringerer Menge aufgenommene Wasser rasch zur Verdunstung bringen.

Endlich ist noch zu berücksichtigen, daß die in den höher gelegenen Kleiderpartien befindlichen Wassermengen, sachte dem Zuge der Schwere folgend, in *tiefer* gelegene absinken und die *direkt der Haut anliegenden* Kleiderschichten dem lebhaften Verkehre mit der atmosphärischen Luft entrückt sind, welcher den *oberflächlichen* Kleiderschichten zu Gute kommt.

*Aus diesen Gründen kann durchnäßte Kleidung am Leibe unmöglich gleichmäßig trocknen.*

Vielmehr muß die Verdunstung bezw. die Trocknung einer durchnäßten Kleidung am Leibe in den *höher befindlichen* und in den *oberflächlichen* Schichten rascher vor sich gehen als in den nach *abwärts* und *innen* gelegenen.

Dies veranschaulichen Tabelle 34 und 35.

Tabelle 34.

Tuchanzug.

| Kleidungsstück | | Wassergehalt 75 Minuten nach Durchnässung | |
|---|---|---|---|
| Benennung | Gewicht in g lufttrocken | betrug in g | auf 100 g lufttrocken Kleidungsstück = % Wasser |
| Tuchrock . . . . . . | 1298 | 683 | 52 |
| Tuchhose . . . . . . | 840 | 645 | 77 |
| Unterhose . . . . . . | 358 | 433 | 121 |
| Hemd . . . . . . . | 323 | 188 | 58 |
| Strümpfe . . . . . . | 75 | 118 | 157 |
| Stiefel . . . . . . . | 1378 | 340 | 25 |

Tabelle 35.

Drillichanzug.

| Kleidungsstück | | Wassergehalt 75 Minuten nach Durchnässung | |
|---|---|---|---|
| Benennung | Gewicht in g lufttrocken | betrug in g | auf 100 g lufttrocken Kleidungsstück = % Wasser |
| Tuchrock . . . . . . . | 840 | 330 | 39 |
| Tuchhose . . . . . . | 583 | 375 | 65 |
| Unterhose . . . . . . | 310 | 423 | 118 |
| Hemd . . . . . . . | 310 | 130 | 42 |
| Strümpfe . . . . . . | 175 | 215 | 138 |
| Stiefel . . . . . . . | 1663 | 370 | 23 |

Es erklärt sich daraus der auffallend hohe Wassergehalt der Strümpfe zu einem Teile, zum anderen Teile jedoch aus der die Verdunstung hemmenden Lederbekleidung der Füße.

### 4. Wärmeverhalten der Kleidung am Körper.

Die natürliche oder künstliche Bekleidung der Haut ist stets niederer temperiert als diese.

Rubner fand bei einer Temperatur der Luft von 12° jene der Kopfbehaarung mit 21,4°, des Bartes mit 20,6° und der unbehaarten Stirn mit 28,4°.

Bei 14,8° Lufttemperatur zeigte die Außenseite einer Bekleidung, bestehend aus:

| | |
|---|---|
| Woll- und Leinenhemd, Weste und Rock | 19,4° |
| „ „ „ und Weste . . | 22,9° |
| „ „ „ . . . . . . | 24,8° |
| Wollhemd . . . . . . . . . . | 28,8° |
| Die unbekleidete Haut . . . . . . | 31,8° |

Die Schichttemperaturen der Kleidung weisen also von innen nach außen einen gesetzmäßigen Abfall auf, und die Oberflächentemperatur sinkt mit zunehmender Dicke der Schicht.

Der Einfluß der Lufttemperatur auf dieses Verhalten zeigte sich an gesunden, winterlich (ohne Mantel) gekleideten Männern in folgender Weise:

| Lufttemperatur | Unbekleidete Stellen | Bekleidete Stellen |
|---|---|---|
| 10° | 29,0° | 19,3° |
| 15° | 29,2° | 21,0° |
| 17,5° | 30,0° | 22,9° |
| 25,6° | 31,2° | 26,6° |

Mit zunehmender Luftwärme steigt demnach sowohl die Haut- als auch die Oberflächentemperatur eines Bekleideten, jedoch nicht in gleichem Maße, wie aus folgender Umstellung obiger Tabelle erhellt.

| Lufttemperatur | Differenz zwischen Haut und Luft | Differenz zwischen Oberfläche und Luft |
|---|---|---|
| 10° | 19,0° | 9,3° |
| 15° | 14,2° | 6,0° |
| 17,5° | 12,5° | 5,4° |
| 25,6° | 5,6° | 1,0° |

Die zahlreichen Beobachtungen Hiller's über das Verhalten der Temperatur einzelner Kleidungsstücke des Soldaten bei Aufenthalt im Zimmer und im Freien, bei Märschen und Uebungen führen im ganzen zu ähnlichen Resultaten.

Durch Messungen mittelst der Thermosäule läßt sich zeigen, daß die Wärmeausstrahlung eines bekleideten Körpers mit der Dicke der Kleidungsschichten stetig abnimmt.

Die Ausstrahlung der nackten Haut bei 15° = 100 gesetzt, ergiebt sich dieselbe bei einer Bekleidung

| | |
|---|---|
| mit Wollhemd . . . . . . | 73 |
| „ „ und Leinenhemd . . | 60 |
| „ „ Leinenhemd und Weste . | 46 |
| „ „ „ Weste und Rock | 33 |

Ferner, Ausstrahlung bei 15 ° = 100

beträgt dieselbe bei 23 ° = 69
„ 29 ° = 56
„ 32 ° = 31

Es nimmt sonach die Strahlung in demselben Sinne ab, wie die Oberflächentemperaturen, und da die letzteren auch für die Wärmeabgabe durch Leitung maßgebend sind, so wirkt nach diesen beiden Richtungen die Kleidung einer Wärmeabgabe seitens der Haut entgegen.

Um dem nackten Körper dasselbe Behagen zu gewähren, wie es ihm die obige Bekleidung bei 15 ° bietet, müßte die umgebende Luft konstant ungefähr auf 32 ° gehalten werden.

Aus diesen Ausführungen geht deutlich hervor, daß die Kleidung in ausgiebiger Weise vor Wärmeverlusten schützt.

Direkt ist der Beweis hierfür durch Rumpel erbracht, welcher sich bei seinen Untersuchungen des Kalorimeters von Rubner bediente.

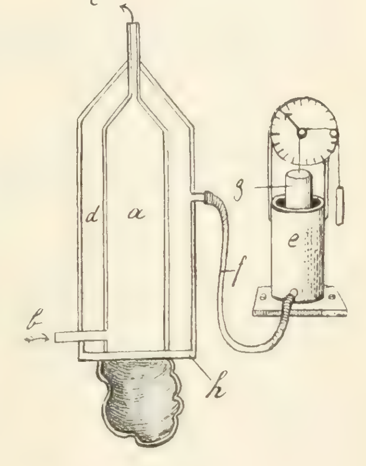


Fig. 3.

Derselbe besteht (Fig. 3) aus einem doppelwandigen Cylinder mit Kautschukärmel *a* zur Aufnahme eines Armes.

Durch diesen Raum wird in der Richtung *b*—*c* Luft von bekannter Geschwindigkeit mittelst einer Gasuhr geleitet.

Der abgeschlossene Mantelraum *d* des Cylinders steht mit dem Volumeter *e* durch den Schlauch *f* in Verbindung.

Bei Erwärmung von *a* tritt die Luft aus dem Mantelraum nach *e*, hebt die Glocke *g*, bewegt den Zeiger auf der Scheibe, welcher nach einiger Zeit eine bleibende Stellung einnimmt.

*h* ist eine schlecht leitende Schicht.

Bei den Versuchen über die wärmeschützende Wirkung der Kleidung benützt man zwei derartige Instrumente für die Aufnahme des bekleideten und nackten Armes.

Zur Durchführung von quantitativen Untersuchungen muß das Instrument zuerst geaicht werden, indem in den Raum *A* ein Körper gebracht wird, welcher eine bekannte Wärmemenge abgiebt, z. B. eine Bleispirale, durch welche Wasser von bekannter Ein- und Ausströmungstemperatur fließt.

Aus mehreren derartigen Versuchen mit verschiedenen Wärmemengen läßt sich dann ermitteln, wie vielen Kalorien ein Grad Volumeterausschlag in der Stunde entspricht.

Die Angaben des Volumeters müssen außerdem nach der Temperatur des Raumes und nach Luftdruck Korrekturen erfahren.

Tabelle 37 bringt die in fünf Versuchsreihen gewonnenen Resultate zur Anschauung.

Tabelle 37.

Wärmeverluste der bekleideten und der unbekleideten Haut nach Rumpel.

| Ser. No | Temperatur | Unbekleidet Kal. pr. Std. | Bekleidet Kal. pr. Std. | Differenz | Abfall in % |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 6.6 | 14,27 | 10.69 | 5.28 | 25,0 |
| II | 10.6 | 12.84 | 8,64 | 4.20 | 32,7 |
| III | 15.8 | 11,05 | 7,69 | 3.36 | 30.4 |
| IV | 20,8 | 7,79 | 5.59 | 2,20 | 28.3 |
| V | 29.6 | 4,92 | 4,23 | 0.69 | 14,1 |

Daraus berechnet sich für das Temperaturintervall von 29,6 ° — 6,6 °=23° ein Absinken der Wärmeproduktion bei dem unbekleideten Arm um 65,6 Proz. = 2,85 Proz. für 1 ° C. und bei dem bekleideten ein Absinken um 60,5 Proz. = 2,63 Proz.; im Mittel aus beiden also für je 1 ° Temperaturerhöhung ein Sinken der Wärmeabgabe um 2,74 Proz.

In Tabelle 38 ist nun die Wärmesparung mehrerer Kleiderlagen bei ungefähr gleichen Außentemperaturen dargestellt.

Tabelle 38.

Wärmesparung durch mehrere Kleiderlagen bei annähernd gleichen Außentemperaturen nach Rumpel.

| Temperatur | Unbekleidet Kal. pr. Std. | Bekleidet mit Kal. pr. Std. | | | | | Abfall in Proz. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Wollhemd + Handschuh | + ein zweites Wollhemd | + ein Leinenhemd | + Rock | + Mantel | |
| 15.5 | 9.71 | 8.73 | | | | | 10, |
| 16.7 | 9 90 | | 8,18 | | | | 17,4 |
| 15.9 | 10,0 | | | 8,13 | | | 19. |
| 15 8 | 10,20 | | | | 6,89 | | 32.5 |
| 15.2 | 11,1 | | | | | 6,81 | 38.7 |

Mit Hilfe der Größe 2,74 läßt sich jetzt aus der prozentigen Verminderung der Wärmeproduktion bei einer bestimmten Kleidung berechnen, gegen welche Temperaturdifferenzen uns dieselbe schützt:

| | Proz. Verminderung der Wärmeproduktion | Temperaturschutz |
|---|---|---|
| Wollhemd und Handschuh . . | 10 | 3,6 ° |
| dazu ein zweites Wollhemd . . | 17,4 | 6,3 ° |
| „ „ Leinenhemd . . . . | 19 | 6,9 ° |
| „ „ Rock . . . . . . | 32,5 | 11,8 ° |
| „ „ Mantel . . . . . | 38,7 | 14.1 ° |

Eine Darstellung der Wärmeabgabe des mit nasser Kleidung umgebenen Armes liefert Tabelle 39.

Tabelle 39.

| Nr. | Temperatur | Unbekleidet Kal. pr. Std. | Bekleidet mit doppelter Flanellbinde Kal. pr. Std. trocken | feucht | Differenz | Abfall in Proz. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 31 | 21,9 | 7.92 | 4.25 | — | 3.67 | 4,7 |
| 43 | 20,2 | 7.41 | — | 7.45 | + 0.04 | + 0,5 |
| 44 | 20,9 | 8,39 | — | 7,96 | 0 37 | 4 6 |

Dazu kommt noch der beträchtliche Wärmeverlust durch die Wasserverdunstung (siehe S. 381), zusammen rund 23 Kalorien, also etwa 3mal so viel, als ein Nackter bei gleicher Temperatur durch Strahlung und Leitung abgiebt, und über 5mal so viel, als die Wärmeabgabe bei entsprechender Bekleidung beträgt.

Aehnliche Studien, wie von Rumpel über die Wärmeabgabe des bekleideten Armes, sind von Nothwang[22] über den Wärmeverlust des bekleideten Fußes durch Kontakt mit dem Boden, mit Hilfe eines noch empfindlicheren Fußkalorimeters angestellt worden.

Die Mittelwerte der Wärmeabgabe betragen, jene des nackten Fußes = 100, bei der Bekleidung

| | | Abfall des Wärmeverlustes |
|---|---|---|
| mit Seidenstrumpf . . . . | 65,5 | 34.5 % |
| „ Baumwollstrumpf . | 71.2 | 28.8 „ |
| „ Wollstrumpf . . . . | 50,8 | 49.2 „ |
| „ doppeltem Seidenstrumpf . | 52.8 | 47.2 „ |

Dieser Unterschied ist aber — was nicht oft genug betont werden kann — nur dadurch bedingt, daß die Dicke des Wollstrumpfes ungefähr doppelt so groß war als jene des Baumwoll- und Seidenstrumpfes, wonach also ein spezifischer Unterschied zwischen Baumwolle, Seide und Wolle in der Wärmeabgabe nicht anzunehmen ist.

Die bei diesen Versuchen beobachtete größere Wärmeabgabe seitens des rechten Fußes ist auf die größere Fußfläche gegenüber dem linken (100,5 : 91,5 qcm) zurückzuführen.

Der mit Stiefel und Strumpf bekleidete Fuß liefert gegenüber dem nackten Fuß eine Wärmeabgabe von 9,9 : 100, der mit dem Stiefel allein bekleidete von 15 : 100; demnach fällt dem Schuhwerke der Hauptanteil in der Behinderung des Wärmeverlustes gegen den Boden hin zu.

Ein nasser Seidenstrumpf giebt etwa 22 Proz. und ein nasser Wollstrumpf etwa 30 Proz. mehr Wärme ab als ein trockener; die Differenz in der Wärmeabgabe von trockenem und nassem Schuhwerk stellt sich wie 90,1 : 85,6 Proz.

Am Fuße hemmt den Wärmeverlust durch Kontakt mit dem Boden

| | |
|---|---|
| ein Seidenstrumpf um . . . . | 34,5 % |
| zwei Seidenstrümpfe um . . . | 47.2 „ |
| ein Wollstrumpf um. . . . . | 49,2 „ |
| „ „ und ein Schuh um | 90,1 „ |

Im Vergleiche zu den beim bekleideten Arme gefundenen Verhältnissen (S. 395) scheint es, daß die wärmesparende Wirkung guter Fußbekleidung größer ist als bei den sonstigen Kleidungsstücken.

Wenngleich die bisherigen Untersuchungen keinen vollständigen Einblick gewähren, in welchem Umfange die verschiedenen Kleidungsstücke den Wärmeverlust des bekleideten Körpers herabsetzen, so ist doch die Thatsache gefestet, daß die Kleidung dem Körper Wärme in namhaften Mengen erspart.

Der Kleidung ist es zuzuschreiben, daß ein großer Teil der Körperoberfläche niedriger temperiert sein kann, als er es ohne Bekleidung sein müßte.

Denn die gewöhnlich unbekleideten Körperpartien haben nach Rubner im allgemeinen eine hohe Temperatur. Bei 12° Lufttemperatur betrug die der Nasenwurzel 27,4°, der Nasenflügel 28°, der Nasenspitze 25,1°, der Augen 29,7°, der Wangen 27,2°, des Kinnes 27,7°, des Halses 29,6°, der Hohlhand 28—28,8°.

Auch an Tieren ist der Wärmeschutz ihrer natürlichen Bekleidung erwiesen.

Bei einem Meerschweinchen von einer Eigentemperatur von 38,3 38,4° und stündlicher Wärmeabgabe von 3,24—3,49 Kal. fiel die erstere nach dem Scheren auf 37,6—37,7° und stieg die letztere auf 4,35 —4,62 Kal.

Die gesamte Wärmebildung erhöhte sich bei einem Hunde nach dem Scheren von 50 auf 60,5 Kal. pro Kilo und Tag, sonach um 21 Proz.

Richet[23] fand bei geschorenen Kaninchen eine durchschnittliche Herabsetzung der Eigenwärme um 0,6°.

Geschorene Kaninchen erfrieren rasch bei niedriger Temperatur; auch bei gefirnißten Tieren tritt infolge erhöhter Wärmeabgabe bald Tod durch Erfrieren ein.

Trotz beträchtlich gesteigerter Nahrungsaufnahme verlieren geschorene Kaninchen rasch an Körpergewicht, desgleichen setzen geschorene Schafe bei gleicher Ernährung viel weniger Körpersubstanz aus dem Futter an als ungeschorene[24].

Daraus geht hervor, daß die Bekleidung auch an Nahrungsstoffen einspart.

### 5. Verschmutzung der Kleidung vom Körper her.

Nimmt man nach Cramer[25] die Menge des mit dem Schweiße in die Kleidung gedrungenen Chlornatriums als Maß der Verschmutzung an, so ergiebt sich die auffallende Thatsache, daß wollene Kleidung die Schweißbestandteile viel leichter durchläßt als Kleidung aus Pflanzenfaser und Seide.

Baumwolle enthält an Schweißbestandteilen

| | | |
|---|---|---|
| 31,2 % | mehr als | Jäger'sche Wolle |
| 31,8 „ | „ „ | gewirkte „ |
| 27,7 „ | „ „ | gestrickte „ |
| 10,2 „ | „ „ | Seide |
| 16,2 „ | „ „ | Reformbaumwolle |
| 0,0 „ | „ „ | Leinen |

Die Wolle fördert demnach die im Schweiße gelösten Schmutzbestandteile in der angenehmsten Weise nach außen.

Die Beschmutzung der einzelnen Teile einer baumwollenen Unterkleidung durch Schweißbestandteile beträgt, jene der Socken = 100 gesetzt, für das Hemd 30, für die Unterhose 12.

Um gleichmäßige Reinlichkeit einzuhalten, dürften unter gleichen Verhältnissen die Socken somit nur den achten Teil der Zeit getragen werden, wie die Unterhose, und den vierten, wie das Hemd.

Der Harnstoff des Schweißes zersetzt sich in der Kleidung sehr bald in kohlensaures Ammon.

Anders verhält sich der vom Körper in Staubform abgegebene Schmutz.

Nimmt man nach Hobein[26] für diese Art von Schmutzstoffen als Maß den Keimgehalt der Unterkleider an, so geht aus den einschlägigen Untersuchungen hervor, daß ein Stoff um so mehr geeignet ist, Staubteilchen in sich zurückzuhalten, je lockerer der Faden des Gewebes gesponnen ist und je mehr Faserenden von seiner Oberfläche in die größeren Gewebsmaschen hinein und an der Oberfläche des Stoffes hervorragen.

Unter gleichen Verhältnissen wächst die Staubaufnahme der Stoffe proportional ihrer Dicke.

Die Art der Faser ist hierbei von geringer Bedeutung.

Der Flanell enthält demnach infolge seiner rauhen Oberfläche und Dicke weit mehr Keime (Schmutzstoffe) als die übrigen Stoffe, dann folgen Trikotstoffe; leinene und baumwollene Stoffe nehmen vermöge ihrer glatten und festen Webung Schmutzstoffe staubiger Natur am wenigsten auf.

Durch Waschen, Kochen und Dämpfen wird besonders bei Wolle die Aufnahmsfähigkeit für staubigen Schmutz erhöht, was wohl mit der Verkürzung und Kräuselung der Faser, welche eine Vermehrung der kleinsten Räume des Gewebes mit sich bringt, zusammenhängt („Eingehen der Stoffe“).

Unter gewöhnlichen Bedingungen findet in der Kleidung eine Vermehrung der Keime durch Wachstum nicht statt.

Es geschieht dies nur, wenn durch gehinderte Verdunstung Haut und Kleidung längere Zeit feucht gehalten wird.

Die Kleider nehmen leicht Riechstoffe auf, welche in dieselben teils als solche eindringen, teils durch Zersetzung anderweitiger Substanzen in ihnen erst gebildet werden.

Daher rührt der verschiedenartige, immer jedoch höchst widerwärtige Geruch verschmutzter Kleidung und namentlich Wäsche.

Wäsche und Kleider, welche von Infektionskranken benutzt worden sind, können leicht Veranlassung zur Weiterverbreitung der Krankheit geben und müssen daher vor neuerlicher Ingebrauchnahme desinfiziert werden.

Die Verbreitung von Infektionskrankheiten durch Kleider und insbesondere durch Wäsche, zumal wo es sich, wie bei den akuten Exanthemen, um ein flüchtiges Kontagium handelt, und wo, wie bei Cholera, Typhus abdomin., Ruhr, Trachom, reichliche Entleerungen und Sekrete zu umfangreicher Besudelung von Wäsche- und Kleidungsstücken Ver-

anlassung bieten, wird in den meisten einschlägigen Lehr- und Handbüchern als ein Axiom hingestellt.

Hinsichtlich genauerer Angaben, welche jedoch der Natur der Sache nach keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, mögen folgende Beispiele genügen:

Nach Krannhals[27] ist die Hadernkrankheit als eine Infektion durch den Bacillus des malignen Oedems anzusehen.

Bezüglich der Verbreitung der Cholera durch infizierte Wäsche sind vor allem die in den Verhandlungen der Cholerakonferenz zu Weimar 1867[28] angeführten Fälle erwähnenswert, der Bericht von M. Gruber[29], nach welchem sich in drei Orten ermitteln ließ, daß dem lokalen Auftreten der Cholera das Eintreffen infizierter Wäsche vorangegangen war; der Fall aus Coblenz 1892[30]; endlich die Einschleppung der Cholera durch Wäsche in das Wäscherdorf Craponne bei Lyon[31].

Angaben über die Verbreitung des Typhus exanthematicus durch Wäsche finden sich bei Grässer[32], des Typhus abdominalis bei Walder[33] und Vulliet[34]. Ueber die Verbreitung von Pocken durch Uniformsorten enthält die „Lancet" den Bericht einer Spezialkommission[35], wonach durch Mäntel, welche das Army Clothing Depot Pimlico (London) durch Privatunternehmer herstellen ließ, bei denen diese Mäntel als Zudecken für Pockenkranke verwendet wurden, Infektionen zustande kamen. Auf diesem Wege können, wie der angezogene Bericht an der Hand einiger Beobachtungen hervorhebt, wohl noch andere Infektionen selbst durch „neue" Bekleidungsgegenstände verursacht werden.

Sehr bemerkenswert und für die Kriegschirurgie bedeutungsvoll sind die Untersuchungen von Fränkel[36] und von Pfuhl[37], deren Ergebnisse darin übereinstimmen, daß getragene Kleidungspartikelchen, in Wunden eingebracht, keine Wundinfektion bewirken. Es scheint daraus die Annahme gerechtfertigt, daß die Wundinfektionserreger an der Kleidung rasch zu Grunde gehen.

### 6. Das Verhalten der Kleidung infolge gewisser Zubereitungen[71].

Die modemäßige Gestaltung der verschiedenen Bekleidungsgegenstände kommt hier nicht in Betracht, wohl aber die Färbung und Imprägnierung der Kleidungsstoffe und fertiger Bekleidungsgegenstände mit Substanzen, welche Wasser- und Feuerschutz gewähren sollen.

Die gebräuchlichen Kleiderfarben sind zum größten Teile an sich unschädlich.

Von den pflanzlichen und tierischen Farbstoffen läßt sich dies aus langjähriger Erfahrung ohne weiteres behaupten.

Diese Farbstoffe könnten nur da, wo für die nachfolgende Färbung eine vorausgängige Beizung mittels gesundheitsschädlicher Metallsalze — in neuerer Zeit insbesondere mit Antimon — üblich ist, einiges Bedenken erregen.

Als interessante Ausnahmen sind hier die Hautentzündungen infolge des Tragens von Kleidungsstücken zu erwähnen, welche mit einer unter

Zuhilfenahme des scharfen Balsams von Anacardium bereiteten Tinte gezeichnet waren [38].

Bei den Anilin- und Teerfarbstoffen lag die Sache vor Jahren wesentlich anders als heute.

Die Darstellung des Fuchsins und verwandter Farbstoffe wurde früher nach dem Merkurinitritverfahren von Gerber-Keller [39] und mittels der Arsensäuremethode nach Medlock und Nicholson [40] betrieben, wodurch Quecksilber- und Arsenverbindungen in mitunter sehr beträchtlicher Menge in den Farbstoffen verblieben.

Seit Jahren sind jene Verfahren durch die von Depouilly und Lauth [41], von Coupier [42] und von Brüning [43], von denen sich namentlich das letztere technisch bewährt hat, verdrängt worden [44].

Die nach diesem Verfahren erzeugten Farbstoffe sind giftfrei. Ludwig [45] führt an, daß das von Meister Lucius und Brüning dargestellte Fuchsin kein Arsen enthält; ich habe im Laufe der letzten Jahre mehrere nach ihrer Provenienz unbekannte marktgängige Fuchsinproben gleichfalls arsenfrei gefunden.

Es sind nun einzelne Anilin- und Teerfarbstoffe, bei deren Bereitung schädliche Metallsalze nicht in Verwendung kommen, trotzdem als giftig erwiesen — insbesondere die Pikrinsäure und das Dinitrokresol und deren Verbindungen (Viktoria-Orange, Martiusgelb, Safranin etc.); allein deren Giftigkeit ist konstatiert bei internem Gebrauche nicht gerade geringer Mengen [46].

Die Frage, ob durch das Tragen derartig gefärbter Kleidungsstücke und zwar solcher, welche mit der Haut in direkte Berührung kommen, Gesundheitsstörungen verursacht werden, wird man nach dem von Weyl beobachteten Falle [47] unentschieden lassen müssen; wahrscheinlich ist dies mit Rücksicht auf die sehr geringe Quantität von Farbe, welche dabei in Wirkung kommen kann, keineswegs.

Die von Kayser [48] und Bischoff [49] angeführten Fälle von Ekzem infolge Tragens rotgefärbter Kleidungsstücke dürften auf einen Arsengehalt der letzteren zu setzen sein.

Die Verwendung von schädlichen Metallverbindungen zum Beschweren der Seide [50], zu Beizen und Farbstoffen für Bekleidungsgegenstände muß zum mindesten für ebenso bedenklich gehalten werden, wie zur Herstellung von Tapeten.

Sendtner [51] berichtet über einen Fall von heftigem Ekzem infolge Tragens roter Strümpfe, welche beträchtliche Mengen (0,177 g pro Strumpf) Antimon enthielten, und macht bei dieser Gelegenheit aufmerksam, daß die modernen Plüschstoffe mit meergrünen und olivenfarbenen Nuancen viel Antimon enthalten.

Nach den Untersuchungen von Weyl [52], Lehmann und Schuler [53] wird zur Gelbfärbung von Garnen und Gebrauchsgegenständen häufig Bleichromat verwendet.

Weyl fand in Garnen 7,32 Proz., 7,56 Proz., 8,66 Proz. und 21,3 Proz. Asche, welche fast gänzlich aus Bleichromat bestand; ähnliche Werte erhielt auch Lehmann.

Mehr als das Tragen so gefärbter Kleidung giebt jedenfalls die Hantierung mit den gefärbten Garnen und Zeugen Veranlassung zu Gesundheitsstörungen.

Zur Verhütung der Durchnässung werden die Zeuge oder fertigen Kleider entweder mit einem wasserdichten Ueberzuge aus

Kautschuk, Firnis, Lack u. dergl. versehen[54] oder mit gewissen Substanzen imprägniert, unter denen Thonerdepräparate neben Leim und Albumin die Hauptrolle spielen[55].

*Ein wasserdichter Ueberzug benimmt der Kleidung die Durchlässigkeit für Luft, hemmt die Wasserverdünnung seitens des Körpers* und wirkt bald belästigend; durch die Imprägnierung hingegen wird die Luftdurchgängigkeit der Stoffe nicht erheblich (3—11 Proz.) vermindert.

Dichtere Tuchgewebe werden durch die Imprägnierung in einem solchen Grade wasserfeindlich, daß sie fast einen ununterbrochenen, mittelstarken Landregen von $2^1/_2$-stündiger Dauer oder den Druck einer 6—8 cm hohen Wassersäule 24 Stunden aushalten, ohne durchnäßt zu werden.

Bei dünneren und leichteren Stoffen ist die Imprägnierung wenig wirksam.

Imprägnierte Tuche nehmen um das $2—4^1/_2$-fache weniger Wasser auf als nicht imprägnierte, bleiben daher auch im durchnäßten Zustande noch in hohem Grade für Luft durchgängig.

*Die Kleider sind im allgemeinen leicht brennbar* und entzündlich, besonders Zeuge aus Hanf, Werg, Jute, Baumwolle und Leinwand, während Stoffe aus tierischer Faser weniger leicht brennen.

Unter Umständen erhöhen Appretur und Färbung die Entflammbarkeit (schwefel- und sauerstoffreiche Farben).

Substanzen, welche in der Hitze leicht verglasen, sind geeignet, *die Entflammbarkeit und Brennbarkeit der Zeuge*, welche damit imprägniert sind, *herabzusetzen*[56].

Als das beste Mittel hat sich bisher phosphorsaures Ammon bewährt, daneben kommt auch noch schwefelsaures Ammon und wolframsaures Natron in Verwendung.

*Durch die Imprägnierungen leidet bisweilen die Festigkeit des Gewebes.*

## 7. Momente für die Beurteilung der Bekleidung.

Die Darstellung der bisher ermittelten Eigenschaften der Kleidungsstoffe, sowie des Verhaltens der Kleidung am Körper machen es deutlich, daß bei der hygienischen Beurteilung und Wertbemessung einer Kleidung mancherlei Gesichtspunkte in Frage kommen, von denen je nach Umständen bald der eine, bald der andere mehr in den Vordergrund rückt.

Es ist daher unmöglich, gewissermaßen ein für alle Verhältnisse passendes Schema über die Brauchbarkeit und gesundheitliche Bedeutung verschiedener Bekleidungen zu entwerfen, man muß sich vielmehr mit der Angabe einiger wichtiger Anhaltspunkte begnügen.

Unter den Aufgaben, welche die Forderungen der Hygiene der Bekleidung zuweisen, steht zweifelsohne *die Wärmegebarung* nach der positiven und negativen Seite obenan.

*In Klimaten mit beträchtlichen Schwankungen der Lufttemperatur*, also in der gemäßigten und kalten Zone erreichen die Ansprüche an das Wärmehaltungs- und Abgabevermögen der Kleidung im allgemeinen die größte Höhe.

Diese Ansprüche erleiden noch mancherlei Modifikationen je nach Jahreszeiten, nach Beruf und Beschäftigung, nach Aufenthalt in geschlossenen Räumen oder im Freien.

Für Personen, welche in geschlossenen Räumen bei geringer körperlicher Thätigkeit verweilen, ergeben sich keine Schwierigkeiten betreffs der Kleiderversorgung, auch nicht nach Jahreszeiten.

Geschlossene Räume können durch die Hilfsmittel unserer Technik zur Winter- und Sommerzeit in annähernd behaglichen Temperaturen erhalten werden.

Für die kurze Zeit, welche schließlich die Mehrzahl der Beschäftigten im Freien zubringen muß, schaffen Oberkleider den entsprechenden Wärmeschutz, welche beim Aufenthalte im geschlossenen Raume abgelegt werden.

Weitaus schwieriger gestaltet sich eine rationelle Kleiderversorgung für jene, welche Sommer und Winter viele Stunden des Tages oder selbst tagelang nicht unter Dach kommen und alle Unbilden der Witterung auszuhalten haben.

Besonnung, Niederschläge, Winde, extrem hohe und tiefe Lufttemperaturen gelangen hier zur unbeschränkten Einwirkung, und die Kleidung soll Ersatz bieten für die Behausung.

Touristen, Feldarbeiter, Jäger u. dergl. bilden ein kleines Kontingent dieser Berufsklasse, deren Hauptrepräsentant jedoch der Krieger ist.

Die rationelle Bekleidung des Soldaten ist daher mit Recht ein Gegenstand stetiger und fürsorglichster Aufmerksamkeit seitens der Armeeverwaltungen.

Gerade an der Soldatenkleidung vermöchte eine rationelle Bekleidungskunst die Höhe ihrer Leistungsfähigkeit zu erweisen, wenn dabei auf den Kostenpunkt weniger Rücksicht genommen werden könnte, als es sich sich in der Praxis als unerläßlich herausstellt.

Der Kostenpunkt beherrscht aber neben anderen die drei wichtigsten hygienischen Faktoren der Kleidung: Art des Grundstoffes, Webweise und Menge derselben.

Die Kostenfrage beiseite gelassen, ist betreffs der genannten Faktoren hervorzuheben, daß die Unterschiede zwischen den Grundstoffen der Kleidung keine beträchtlichen zu sein scheinen, daß aber dennoch solche bestehen.

Namentlich zeichnet sich die Tierwollfaser vor Seide- und Pflanzenfasern durch eine höhere Elasticität aus.

Dadurch ist den Tierwollgeweben im allgemeinen ein gewisser Grad von Schwellung und Rigidität gesichert, welchen Gewebe aus anderen Grundstoffen nicht im gleichen Maße besitzen, und welcher selbst bei Durchnässung nur teilweise verkümmert wird.

Wollgewebe liegen daher unter allen Umständen nur wie ein Gitterwerk an, während seidene Gewebe überhaupt, leinene und baumwollene insbesondere im durchnäßten Zustande sozusagen mit der Haut verschmelzen.

Diesen Vorzug behauptet die Wollfaser fast durchweg bei allen gebräuchlichen Arten der Webung, namentlich ist der Wollflanell an Lockerheit und Leichtigkeit unübertroffen, woraus die höchst wichtige Thatsache erhellt, daß ein unscheinbares Gewicht solcher Kleiderstoffe eine beträchtliche Menge von Kleidung liefert.

Ein Nachteil dieser Stoffe liegt in der raschen Abnutzung.

Die Tricotgewebe stehen an Lockerheit und Leichtigkeit den Flanellen nach und lassen sich sowohl aus Wolle als auch aus Baumwolle und Leinen herstellen. Namentlich gewisse Baumwolltricots werden bereits in einer Vollkommenheit hergestellt, daß sie die Konkurrenz mit der Tierwolle aufnehmen können. Die Leinenfaser steht bisher darin zurück; und es ist fraglich, ob selbst eine sehr ausgebildete Technik der Webweise nicht eine Grenze an der Eigenart der Faser finden wird.

Vermöge des durchschnittlich höheren specifischen Gewichtes der Baumwoll- und Leinenstoffe können solche bei gleichem Gewichte nicht dieselbe Menge von Kleidung liefern, wie die Wollstoffe.

Dagegen haben Baumwolle und Leinen, wo es sich um Glätte und schönes Aussehen, geringere Abnutzbarkeit und leichtere Waschbarkeit handelt, nicht zu unterschätzende Vorzüge.

Diese bedingen eine längere Reinerhaltung der daraus hergestellten Kleidungsstücke — hauptsächlich der Unterkleider (Wäsche) — gegenüber der Wolle, welche jedoch mit der Reinhaltung des Körpers keineswegs zusammenfällt.

Im Gegenteile, je mehr von der Haut gelieferter Schmutz in die Kleidung übergeht, desto verschmutzter ist diese und desto reiner die Haut, und umgekehrt.

Wollene Unterkleidung leitet die im Schweiße gelösten Schmutzstoffe energischer nach außen und beladet sich mit den in Staubform von der Haut abgehenden Schmutzstoffen viel reichlicher als Leinen und Baumwolle — alles zu Gunsten der Reinlichkeit der Haut; an wollenen Unterkleidern wischt sich die Haut gründlicher ab als an anderen.

Daraus folgt, daß man bei dem Gebrauche von wollenen Unterkleidern diese oftmals reinigen lassen und bei dem Gebrauche von leinenen und baumwollenen Unterkleidern oftmals baden soll.

Lang am Leibe getragene Wollkleidung ist als ein Reservoir von Schmutzstoffen anzusehen.

Da die glattgewebten Stoffe, insbesondere aus Leinen und Baumwolle, weit weniger staubförmigen Schmutz aufnehmen als wollene, so sind Oberkleider aus solchen in allen Fällen am Platze, wo man sich gegen andringende Verschmutzung von außen her sichern will.

Diesem hygienischen Postulate ist in der Oberkleidung von Wärtern und Aerzten in Spitälern bereits Rechnung getragen, es bleibt zu wünschen, daß demselben auch in weiteren Kreisen entsprochen werde.

Nach alledem verdient die Unterkleidung eine größere Aufmerksamkeit, als sie bisher gefunden hat.

Vom hygienischen Standpunkte könnten schon jetzt wollene Unterkleider zum allgemeinen Gebrauche empfohlen werden, nur müßten sie in ihrer Dicke reduziert werden und mehrere Abstufungen bieten.

Für Personen, welche schwere körperliche Arbeit verrichten und noch dazu den Wechselfällen der Witterung ausgesetzt sind — also namentlich für den Soldaten — hat der von Hiller aufgestellte Satz, „er würde in der Einführung wollener Hemden in die Armee einen wichtigen Fortschritt in der Gesundheitspflege des Heeres erblicken“, volle Berechtigung.

In der dem Körper zunächst anruhenden Unterkleidung muß eine

ausgiebige Gewähr des Wärmeschutzes gegeben sein, welche durch die Oberkleidung erhöht, aber nicht erst ersetzt werden soll.

Wollene Unterkleidung ermäßigt die Menge und Dicke der Oberkleidung, welcher Umstand schon im Interesse der Beweglichkeit nicht gering anzuschlagen ist.

Bei Aufenthalt im Freien und starker Arbeitsleistung darf auch der atmosphärischen Niederschläge nicht vergessen werden, welche bisweilen rasch das ganze Gewand mit Wasser füllen, das Gewicht desselben bedeutend vermehren und damit noch weitere sehr beträchtliche Anforderungen an die schon ohnedies stark angestrengte Muskelthätigkeit stellen.

Die Imprägnierung der Oberkleider mit wasserfeindlichen Substanzen, welche einem $2^1/_2$-stündigen Landregen den Durchtritt verwehren, verdient hier selbst unter der Voraussetzung, daß dadurch die Haltbarkeit der Kleider etwas leidet, die ernsteste Erwägung.

Bei heißer, dunstiger Witterung könnten imprägnierte Oberkleider aus Leinen oder Baumwolle auch viel zur Verhütung des Hitzschlages beitragen, während bei kaltem, windigem Wetter wollene Oberkleider den bereits von solchen Unterkleidern zum größten Teile geleisteten Wärmeschutz ergänzen.

Baumwollene und leinene Unterkleider — von Seide, als einem teuren Luxusbekleidungsstoff, ganz abgesehen — sind daher nur in andauernd hohen, sommerlichen Temperaturen zu billigen und selbst da nur für solche, welche in geschlossenen Räumen einer Beschäftigung nachgehen, welche keine große körperliche Anstrengung erheischt.

Unter solchen Verhältnissen hängt die Entscheidung, ob der Baumwoll- oder Leinenwäsche der Vorzug gebühre, fast lediglich vom Preise ab, und dieser entscheidet zu Gunsten der ersteren.

Wenn aber bei schwerer körperlicher Arbeit und Aufenthalt im Freien anstatt der weitaus besser schützenden Wollunterkleidung nur solche aus Baumwolle oder Leinen gewährt werden kann, dann ist noch zu berücksichtigen, daß Leinen das Wasser noch rascher aufnimmt und wieder abgiebt als Baumwolle, daß also leinene Unterkleider noch mehr Gelegenheit zu Erkältungen geben als baumwollene, und daß sonach den letzteren auch vom hygienischen Standpunkte der Vorzug einzuräumen ist.

Dessenungeachtet läßt sich die Mischung der Kleidung mit Baumwoll- und Leinenstoffen schon aus ökonomischen Gründen nicht entbehren.

Es kommt aber dazu noch ein anderer Umstand, welcher zugleich die Seide betrifft.

Wie bereits früher bemerkt, spielen die Glätte, der Glanz, die Sauberkeit bei der Verwendung von Baumwoll-, Leinen- und auch Seidenstoffen schon eine gewisse Rolle.

Ferner nehmen diese Stoffe meistens lebhaftere Färbungen an als die Wollstoffe und eignen sich zur künstlerischen Ausgestaltung und Verzierung besser als jene.

So fern die Hygiene diesen Dingen zu stehen scheint, in der Praxis muß sie damit wenigstens vorläufig einigermaßen rechnen.

Es hätte also, wie es sich nach der Einsicht in die gesundheitlichen Funktionen der Kleidung bereits vielfach eingebürgert hat, die erste

Kleiderlage an der Haut für gewöhnlich aus Wolle zu bestehen, und erst darauf sollte das für eine civile Kleidung unerläßliche moderne Bestandstück, das Baumwoll- oder Leinenhemd von untadeliger Weiße, Glätte und Sauberkeit angelegt werden.

Es empfiehlt sich eine solche Anordnung, wie aus dem Abschnitte der Verschmutzung der Kleidung (S. 396) hervorgeht, auch aus ökonomischen Gründen.

## 8. Form und Gestaltung der Kleidung.

Für die wissenschaftlich-hygienische Behandlung der Form der Kleidung und einzelner Bekleidungsgegenstände fehlt zum größten Teile die experimentelle Grundlage.

Die Mode scheint zwar bisher die unbeschränkte Herrscherin auf diesem Gebiete zu sein, sie wird es aber sicherlich nicht bleiben und dennoch auch nach der Anbequemung an die hygienischen Forderungen noch immer genug Einfluß auf die Form und den Schnitt der Kleidung behalten.

Die Bauhygiene liefert für diese Auffassung den besten Beweis.

Es muß auch bezüglich der Hygiene der Bekleidung zuerst volle Klarheit geschaffen werden, was damit erreicht werden soll und wie es erreicht werden kann.

Selbst wenn diese Grundbedingung im allgemeinen erfüllt ist, bedarf es erfahrungsgemäß geraumer Zeit, bis den Fabrikanten das Verständnis allmählich aufgeht und dieselben befähigt werden, im Sinne der wissenschaftlichen Forderung zu schaffen.

Es zeigt sich dies am besten an den Bemühungen, welche behufs Herstellung eines rationellen Schuhwerkes zu verzeichnen sind, da auch das Publikum aus naheliegenden Gründen diesem Kleidungsstücke ein größeres hygienisches Interesse entgegenbringt als einem anderen.

Auch für den Fuß ist eine Unter- und Oberkleidung nötig, beide, namentlich aber die letztere müssen am Fuße anders gehalten sein als an anderen Körperteilen.

Der Fuß verlangt schon wegen seiner großen Arbeitsleistung und bedeutenden Schweißabsonderung, welche bei vielen Personen geradezu abundant ist, durchaus wollene Unterbekleidung.

Die schon wiederholt betonte Elasticität des wollenen Grundstoffes ermäßigt die Erschütterungen des Ganges, zumal auf hartem Boden, welcher Umstand bei größeren Marschleistungen die vollste Berücksichtigung verdient.

Auf die starke Verschmutzung der inneren Fußbekleidung ist bereits früher hingewiesen, die dadurch bedingte öftere Reinigung, sowie die bedeutende Belastung und Spannung derselben bringen eine starke Abnutzung mit sich.

Bei einiger Geschicklichkeit im Anlegen leisten Fußlappen die gleichen Dienste wie Strümpfe, sind aber billiger und dauerhafter als diese.

Die äußere Fußbekleidung erfordert ein Material, welches durch seine Festigkeit und Dauerhaftigkeit für längere Zeit Schutz gegen mechanische Verletzungen gewährt und die Nässe des Bodens abhält.

Damit aber dieses Material nicht selbst ungünstig auf den Fuß

wirke, nicht drücke und reibe oder mit der Zeit selbst zu Verunstaltungen des Fußes führe, muß der Schuh so gearbeitet sein, daß er bei guter Passung die natürliche Lagerung des Fußes und seiner Teile, insbesondere der Zehen selbst bei anhaltender, starker Bewegung in keiner Weise beeinträchtige.

Diese Forderung bedingt vor allem eine richtige Gestaltung und Größe der Sohle.

Es stellt sich dabei sofort heraus, daß jeder Fuß desselben Individuums einen eigenen Schuh verlangt, dessen Sohlenmaße nach der Trittspur zu ermitteln sind (Fig. 4).

Für die Sohlenlänge ist die Meyer'sche Linie maßgebend, welche durch die Mitte der großen Zehe und das Centrum der Ferse geht[57].

Für die Herstellung der Sohle ist daher zunächst eine Linie vom Mittelpunkte der Ferse bis zu einem Punkte des oberen Sohlenrandes zu ziehen, welcher um die halbe Breite der großen Zehe von dem inneren Rande derselben absteht.

Die größte Breite des Fußes liegt nach Starcke zwischen dem Capitulum ossis metatarsi I und V[58].

Das Oberleder muß so geschnitten sein, daß es an der Großzehenseite und nicht in der Mitte die Kuppel hat, wie aus Figur 5 ersichtlich ist, wo *a* die vordere Ansicht des rechten Leistens darstellt.

Nebstdem verlangt Meyer eine exzentrische Vertiefung des Fersen-

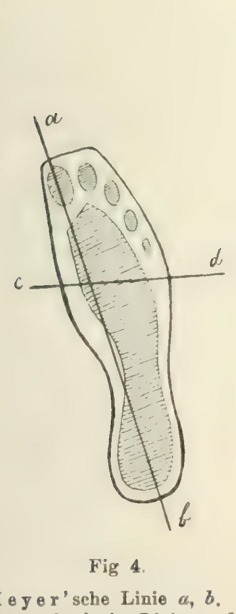



**Fig 4.**

**Meyer'sche Linie *a*, *b*.**
**Starcke'sche Linie *c*, *d*.**




**Fig. 5.**

teiles an der Innenseite des Schuhes, welche *b* ersichtlich macht (Hinteransicht des rechten Leistens).

Richtig geschnittene Sohlen müssen sich bei Aneinanderlegung der Innenseiten an der Spitze und Ferse berühren (*c*).

## Anhang.

### Neuere Bestrebungen der Bekleidungsindustrie.

Das Kapitel über Bekleidung hat gleich anderen wichtigen Teilen der Hygiene durch den gewaltigen Zuwachs von streng wissenschaftlichen Untersuchungen im Laufe der letzten Jahre eine ganz erhebliche Ausgestaltung gewonnen.

Der systematische Gang dieser Forschungen ist unschwer zu erkennen in der genaueren Ergründung der verschiedenen für die Bekleidungsfrage in Betracht kommenden Eigenschaften der Elemente der Kleidung, in der Heranziehung neuer Materialien, welche neben den bisher allgemein üblichen zu diesem Zwecke eine Aussicht für zukünftige Verwertung bieten, in der Prüfung des Wertes der mannigfaltigen Gewebe und Stoffe nach allen ausschlaggebenden Qualitäten. Hierdurch sollen sichere Grundlagen für eine rationelle Bekleidung erlangt werden.

Von einer experimentellen Behandlung der Formen der Bekleidung sind erst in den Untersuchungen über das Schuhwerk die ersten glücklichen Anfänge zu verzeichnen.

Die ältere Methode, an den einzelnen gebräuchlichen Bekleidungsgegenständen auf Grund empirischer Anschauungen und Meinungen die Mängel zu rügen, ist seit den Richtung gebenden Untersuchungen und Anregungen v. Pettenkofer's in den wissenschaftlichen Lehrbüchern für Hygiene größtenteils verlassen und hat in den Spalten volkstümlicher Zeitschriften eine Aufnahmestätte gefunden.

Die Industrie, das mächtig auflebende Sportwesen, sowie die Propheten, welche in einer gewissen Bekleidung die Grundlagen eines neuen Heilsystemes erblicken, nehmen daran regen Anteil. Weniger das wissenschaftliche als das Interesse des Publikums erheischt eine maßvolle Würdigung dieser Erscheinungen, welchem Zwecke die folgenden Bemerkungen dienen mögen.

Jedwede Kleidung des civilisierten Menschen besteht aus einer Reihe von futteralartigen Gebilden, in denen insbesondere die Extremitäten geborgen und aus einer wechselnden Menge von Hüllen in loserer Verbindung, welche darüber gebreitet sind.

Als Traggerüste dienen — von der Kopfbekleidung abgesehen — naturgemäß der Schulter- und Beckengürtel, Hand und Fuß.

Daß die Befestigung der Bekleidung an diesen Stützpunkten und außerdem an den Gelenken unbeschadet ihrer Sicherheit keinen erheblichen Druck und namentlich keine Einschnürung bewirken darf, ist eine allgemeine, alte, selbstverständliche Forderung. Die Blutcirkulation und das Muskelspiel bei jeder Art Bewegung darf keine Störung, die Haut keine Reizung durch die Kleidung erleiden.

Insbesondere dem körperlich Angestrengten soll die Kleidung keine nennenswerte Behinderung schaffen, woraus folgt, daß alles Ueberflüssige vermieden und die Bestandteile so angefertigt sein sollen, daß dieselben ein rasches und einfaches An- und Auskleiden ermöglichen.

Bei *Prunkkleidern* dürfte auch fernerhin die phantastische Gestaltung und Ausschmückung eine größere Rolle spielen als die hygienische Zweckmäßigkeit, doch sollte auch hier die letztere nicht gänzlich vernachlässigt werden.

Unter den Bekleidungsweisen für angestrengte körperliche Thätigkeit steht unstreitig die *Militärkleidung* obenan.

Für diese kommt neben der hygienischen Zweckmäßigkeit noch der Wunsch in Betracht, ein kriegerisches Aussehen zu gewähren, und die ökonomische Forderung der Einfachheit und Billigkeit. Diesen Punkten ist in den militärischen Kleiderordnungen und Adjustierungsvorschriften Rechnung getragen, und die moderne Bekleidung des Soldaten hat zusamt seiner sonstigen, damit in innigem Zusammenhange stehenden Ausrüstung nicht unbedeutende Fortschritte aufzuweisen, welche namentlich in der besseren Gestaltung und Anpassung des *Schuhwerkes*, in der bequemeren, gefälligen und dabei doch kriegerischen Form des *Helmes* (dessen Vorzüge vor jeder anderen Art Kopfbedeckung allgemein anerkannt sind und dessen allgemeiner Einführung nur hie und da noch unwesentliche Bedenken entgegenstehen) als Kopfbekleidung, in einer rationelleren Halsbekleidung mit leichter, wenig gesteifter Halsbinde und mäßig gesteiftem Stehkragen oder weichem Umschlagkragen des Waffenrockes und endlich in der guten Passung und Wärmehaltung des letzteren bestehen.

Ließe sich dem so schwer besiegbaren Kostenstandpunkte noch *wollene Unterkleidung* für den Soldaten abringen, so wäre damit — wie bereits erwähnt — ein weiterer, sehr erheblicher Fortschritt erzielt.

Ein solcher ist in der That bei der *Sportkleidung* wahrzunehmen, für deren rationelle und modernste Herstellung der Kostenpunkt aus begreiflichen Gründen weniger ängstlich gewahrt zu werden braucht.

Die mancherlei den einzelnen Sportarten angepaßten Modifikationen der Sportkleidung lassen sich gleichwohl auf einheitliche Grundsätze zurückführen, für deren Richtigkeit oben die experimentelle Beweisführung größtenteils erbracht ist.

Ausschluß des Baumwoll- und Leinenzeuges und *alleinige Verwendung von Tierwollgeweben* für die Unterkleidung und den größten Teil der Oberkleider, möglichste Freiheit des Halses und der Gelenke, leichte, helmartige, lichtfarbige Kopfbedeckung, Kniehose und auserwählte, sorgfältigst zu pflegende Beschuhung werden allenthalben als unumgängliche Forderungen aufgestellt [59].

Bemerkenswert ist das Lob erfahrener Touristen über die großen Annehmlichkeiten eines *grob gewebten Seidenhemdes*, welches gegen das Wollhemd bei der Rast und insbesondere für die Nachtruhe auszuwechseln ist, da es außer anderen Vorzügen noch den der Ungezieferfeindlichkeit besitzen soll.

Jede *Sportkleidung* verwirft den Hosenträger als ein überflüssiges Hemmnis der Freibeweglichkeit der Brust; auch von anderer Seite wird dessen Berechtigung angefochten und als Ersatz dafür ein sorgfältig modelliertes Beinkleid angesehen, welches hinten bis zur größten Ausbeugung der Lendenwirbelsäule hinaufreichen, von wo der Hosenbund entlang den oberen Darmbeinrändern nach vorn und unten und dann von einer Spin. ant. sup. zur anderen verlaufen sollte.

Für bauchige Personen wird ein an den Hosenbund angesetztes

und dem unteren Teile eines Korsetts ähnlich geformtes Bauchstück vorgeschlagen [60].

Die Vertreter der Militärhygiene reden wieder dem Hosenträger das Wort, da Leibriemen den Unterleib beengen, die Schweißabgabe behindern und die Ausbildung von Unterleibsbrüchen begünstigen [61].

Zur weiteren Erwägung dieser Frage mögen folgende Bemerkungen beitragen:

Die so häufige Gleichstellung der Tragart von Kleidungsstücken am Schultergürtel mit jener am Lendengürtel trifft nicht in allen Punkten zu.

Am ersteren ruht die Kleidung unstreitig sicherer als am letzteren.

Wenn sich die Schulterkleidung vermöge ihres Zuges senkt, so wird sie darum noch nicht unpassend, der Bewegung hinderlich und schleift nicht im Kote.

Das lange Beinkleid hingegen schlenkert unaufhörlich infolge der Gehbewegungen und rutscht nach unten; es wird dadurch unpassend, hemmt die Bewegung und berührt den Boden.

Ein gut gearbeiteter Hosenbund leistet dem unvermeidlichen Zuge nach unten eine Zeitlang Widerstand; später jedoch wird eine andere Befestigung des Beinkleides nötig — entweder mit Leibgürtel oder mit Hosenträger, welche beide wieder mit der Zeit nachgeben. Im ganzen leistet das Aufhängen der langen Beinkleider am Schultergürtel bessere Dienste als deren Befestigung durch Leibriemen am Beckengürtel.

Die Hosenträgerfrage ist eigentlich eine Hosenfrage.

Eine Hose, welche nur bis unter das Knie reicht und dort noch Stützpunkte an der Wade findet, kann des Hosenträgers ebenso gut als des straff angezogenen Leibriemens entraten, und die Abneigung der meist mit solcher Beinbekleidung ausgestatteten Sportsmen gegen Hosenträger ist begreiflich.

Ebenso verständlich dürfte aber auch die Ansicht derer sein, welche für langbehoste Personen, die marschtüchtig bleiben sollen, den Hosenträger nicht gern missen wollen.

Ungefähr in demselben Verhältnisse, wie die militärische, steht auch die Arbeiterkleidung zur Sportkleidung. Das Bedürfnis ist dasselbe, hingegen die Möglichkeit der Kostenaufbringung verschieden.

Eine rationelle Bekleidung der Massen begegnet denselben Schwierigkeiten wie deren regelrechte Ernährung; auch bezüglich dieses Punktes lassen sich enge Beziehungen zwischen Nahrung und Kleidung nicht verkennen.

Außerdem erheischt die Kleidung der Arbeiter in den verschiedenen Betrieben noch einige Besonderheiten, um Gesundheitsschädigungen durch gefährliche Gase und Flüssigkeiten, durch Staub und Splitter, durch Verbrennung, durch rotierende Maschinenteile zu verhüten. Respiratoren, Handschuhe, starkes, festanliegendes Schuhwerk, Schutzbrillen und Schutzmasken und ganz insbesondere anliegende Kleider ohne Zipfel, Schürzen, Tücher und Binden sind hierfür als zweckmäßig anerkannt und in den Unfallverhütungsvorschriften der meisten Genossenschaften aufgenommen [62]. Ausführlicher wird hierüber in der Gewerbehygiene (dieses Handbuch Bd. VIII) gehandelt.

Die Frauenkleidung besteht zumeist aus einer größeren Zahl von Kleidungsstücken, ist voluminöser als die Männerkleidung und trotzdem durchschnittlich etwas leichter (v. Pettenkofer).

Daraus ist zu schließen, daß die Frauenkleider aus feineren, poröseren,

somit der Wärmehaltung günstigeren Stoffen hergestellt werden, was im allgemeinen mit der einfachen Beobachtung übereinstimmt.

Die Stoffe für Frauenkleider und deren Aufputz nehmen alle Zeit die Färbetechnik in erschöpfenden Anspruch. Gesundheitsschädigungen durch die Farbe von Bekleidungsgegenständen sind daher bei Verfertigern von Frauenkleidern mehr zu befürchten als bei solchen von Männerkleidern.

Gewisse Formen der Frauenkleidung jedoch sind es hauptsächlich, gegen welche seit jeher vom sanitären Standpunkte begründetes Bedenken bis zum heftigsten Tadel ausgesprochen wurde — ohne wesentlichen Erfolg bis in die Neuzeit.

Gegen den unsinnigen Brauch des Korsetts haben Sömmering[63], Rokitansky[64], Hyrtl[65], wie es scheint, noch immer vergeblich angekämpft, wiewohl der schädliche Einfluß dieser grausamen vermeintlichen Schönheitsvortäuschungsmaschine durch eklatante Verkrüppelungen des Brustkorbes und der Leber (Schnürfurchen) in zahlreichen Fällen am Sektionstische demonstriert wurde.

Aus einer neueren Arbeit[66] erfahren wir, daß die Schnürleber bei reichlich 50 % der weiblichen, über 16 Jahre alten Personen zur Beobachtung kam.

Daß mit dieser gewaltsamen, habituellen Einwirkung auf Brust und Bauch und mit der Hineindrängung der Baucheingeweide in das Becken bedeutende Störungen in der Funktion der Digestions- und Sexualorgane einhergehen müssen, liegt klar.

Ob das von A. Kuhnow[67] angekündigte „Reformkorsett" die beregten Uebelstände zu beseitigen imstande sein wird, bleibt dahingestellt.

Die Befestigung der Strumpfhalter am Beckengürtel anstatt wie früher oberhalb der Wade, wo dieselben Cirkulationsstörungen und unliebsame Einschnürungen veranlaßten, scheint sich Durchbruch zu verschaffen.

Es erübrigen noch bezüglich der weiblichen Oberkleidung einige Bemerkungen.

Lange, herabwallende Oberkleider verleihen der Gestalt Anmut und Würde, verschönern die Bewegung und verhüllen gefällig Mängel der Natur, Umstände genug, welche auch in der Zukunft die Frauen für die Beibehaltung dieser Art Bekleidung immer wieder gewinnen dürften.

Dennoch wäre für die Straße eine Bekleidung nach Art des „American costume" nach Miller[68] mit kurzem, bis etwa zur Mitte der Wade reichendem Oberkleid und Gamaschen empfehlenswert.

Eine solche Bekleidung wirbelt nicht den Straßenstaub auf, verschmutzt sich nicht durch denselben und wird auch bei regnerischem Wetter bequem getragen, während in diesem Falle das Hinaufhalten langer Kleiderbäusche einen beträchtlichen Kraftaufwand in Anspruch nimmt und die so bekleidete Frau zu der wenig beneidenswerten und schicklichen Rolle einer wahren Lastträgerin ihrer Kleidung verurteilt.

## „Systeme" von Jäger etc.

Die wissenschaftlichen Forschungen über die hygienische Bedeutung der Kleidung sind in der Tagespraxis von Bestrebungen begleitet, welche in der Wahl der Kleidungsstoffe ein universelles oder ein unterstützendes Heilverfahren erblicken.

Nachdem schon in früheren Zeiten Gesundheitsleibchen und dergleichen [69] hergestellt worden waren, machen jetzt die „Systeme“ nach Jäger, Lahmann, Kneipp viel von sich reden.

Der wissenschaftlichen Hygiene fällt es schwer, die Ausgangspunkte und die physikalischen Grundsätze zu begreifen, auf denen die Gebäude dieser Systeme aufgerichtet sind, und noch schwerer, dem kühnen Fluge der Phantasie zu folgen, welchen diese Systeme weiterhin unternehmen.

Es soll jedoch nicht aberkannt werden, daß mit diesen Bestrebungen ein gewisser Anstoß zu einer rationelleren Verarbeitung der Rohstoffe für Bekleidungsgegenstände gegeben wurde.

Am leichtesten gestaltete sich das Unternehmen für die Jäger'sche Normalkleidung aus Tierwolle, einem Materiale, dessen Vortrefflichkeit für diesen Zweck durch streng wissenschaftliche experimentelle Untersuchungen klargestellt ist.

Als ein nennenswerter Fortschritt der Baumwollkleidung ist die Verarbeitung der Baumwollfaser zu Flanell und zu den Lahmann'schen Stoffen anzusehen.

Einer ähnlichen Verarbeitung scheint sich die Eigenart der Leinenfaser nicht fügen zu wollen, wenigstens ist die Herstellung flanellartiger Stoffe aus Leinen bisher nicht gelungen.

Das Kneipp'sche System läßt nur die Verwendung grober Leinenstoffe gelten.

Wie es scheint, lassen sich Fortschritte, zumal auf hygienischem Gebiete, ohne einen gewissen Zusatz von Nonsens, Uebertreibung und Reklame nicht popularisieren. Wenn also die wissenschaftliche Hygiene sich dem praktischen Verständnisse dieses unvermeidlichen Uebels, welches endlich auch Gutes schafft, nicht verschließt, so kann und darf sie es doch nicht unterlassen, die Intelligenz des Publikums zur nachdenklichen Würdigung der wissenschaftlichen Forschungen auf dem physiologisch und volkswirtschaftlich so wichtigen Gebiete der Bekleidungsfrage nachdrücklichst anzurufen.

1) **Karmarsch** u. **Heeren**, *Technisches Wörterbuch, Artikel Baumwolle und Gespinstfasern*; **O. Dammer's** *Lexikon der Verfälschungen, Artikel Spinnfasern.*

2) **Rubner**, *Ueber einige wichtige Eigenschaften unserer Kleidungsstoffe. A. f. H.* 15. *Bd.* 29 *f.*

3) **Schuhmeister**, *Versuche über das Wärmeleitungsvermögen der Baumwolle, Schafwolle und Seide. Sitzungsberichte der Wiener Akad. der Wissenschaften der math.-naturw. Klasse* 76. *Bd.* 2. *Abt.*

4) **Pettenkofer**, *Ueber die Funktion der Kleider, Z. f. Biologie* 1. *Bd.* 180.

5) **Hiller**, *Untersuchungen über die Brauchbarkeit porös-wasserdicht gemachter Stoffe für die Militärbekleidung, Deutsche militär ärztliche Ztschr.* 17. *Bd* 1.

6) **Nocht**, *Vergleichende Untersuchungen über verschiedene zu Unterkleidern verwendete Stoffe, Z. f. Hyg.* 5. *Bd.* 73.

7) **Schuster**, *Ueber das Verhalten der trockenen Kleidungsstoffe gegenüber dem Wärmedurchgang, A. f. H.* 8 *Bd* 1 *f.*; *ferner* **Hartmann**, *A. f. H.* 14. *Bd.* 380.

8) **Klas Linroth**, *Einige Versuche über das Verhalten des Wassers in unseren Kleidern, Ztsch. f. Biol.* 17. *Bd* 184.

9) **B. Müller**, *Ueber die Beziehung des Wassers zur Militärkleidung, A. f. Hyg.* 2. *Bd.* 1 *f.*

10) **Mense**, *Ueber das Verhalten von Kleidungsstoffen gegenüber tropfbar flüssigem Wasser, Inaug.-Diss. München* 1890.

11) **Krieger**, *Untersuchungen u. Beobachtungen über die Entstehung von entzündlichen und fieberhaften Krankheiten, Z. f. Biol* 5. *Bd.* 476 *u. f.*

12) **Rubner**, *Vergleich des Wärmestrahlungsvermögens trockener Kleidungsstoffe, A. f. Hyg.* 16. *Bd.* 105

13) **Rubner**, *A. f. Hyg.* 17. *Bd.* 1 *u. f.*

14) **Roth** u. **Lex**, *Hdbch. d. Militärgesundheitspflege* 3. *Bd.*

15) **Hiller**, *Ueber Erwärmung und Abkühlung des Infanteristen etc.*, *D. milit. Ztschr.* (1885).
16) **Boubnoff**, *Ueber das Permeabilitätsverhältnis der Kleidungsstoffe zum chemisch wirkenden Sonnenstrahl*, *A. f. Hyg.* 10. *Bd* 335 *f.*
17) **Rubner**, *A. f. Hyg.* 16 *Bd* 353.
18) **Rubner**, *Lehrbuch d. Hygiene* (1892).
19) **Rumpel**, *Ueber den Wert der Bekleidung und ihre Rolle bei der Wärmeregulation*, *A. f. Hyg.* 9. *Bd.* 51 *f.*
20) **Schierbeck**. *Eine Methode zur Bestimmung der Ventilation durch eine Kleidung*, *A. f. Hyg.* 16. *Bd.* 203 *f.*
21) **Reichenbach**, *Beiträge zur Lehre von der Wasseraufnahme durch die Kleidung*, *A. f. Hyg.* 13. *Bd.* 113 *f.*
22) **Nothwang**, *Ueber den Wärmeverlust des bekleideten Fufses durch Kontakt mit dem Boden*, *A. f. Hyg.* 15. *Bd.* 314 *f.*
23) **Richet**, *La température des mammifères et des oiseaux*, *Revue scientifique* (1884) *No.* 18.
24) **Weiske**, *Journal f. Landwirtschaft* (1875) 306 *u.* (1882) 253.
25) **Cramer**, *Ueber die Beziehung der Kleidung zur Hautthätigkeit*, *A. f. Hyg.* 10. *Bd.* 231 *f.*
26) **Hobein**, *Mikroorganismen in Unterkleidern*, *Z. f. Hyg.* 9. *Bd.* 218 *f.*
27) **Krannhals**, *Zur Kasuistik und Aetiologie der Hadernkrankheit*, *Ztschrft. f. Hyg.* 2. *Bd.* 297.
28) *Verhandlungen der Cholerakonferenz zu Weimar*, *München* 1867.
29) *VI internationaler Kongrefs für Hygiene u. Demographie zu Wien* (1887).
30) *Denkschrift über die Choleraepidemie* 1892, *Deutscher Reichstag*, *Aktenstück Nr.* 56.
31) **Pettenkofer**, *Archiv f. Hyg.* 4. *Bd.* 339.
32) **Grässer**, *Ueber den Typhus exanthematicus in Breslau* 1869, *referiert in der Deutschen Vierteljahrsschrift f. G.* 3. *Bd.* 117.
33) **Walder**, *Ueber die Typhusepidemie in Kloten refer. in der D. Vierteljschft. f. ö. G.* 14. *Bd.* 192.
34) **Vulliet**, *Die letzte Typhusepidemie in Genf. D. Vierteljahrsschrift f. ö. G.* 16. *Bd* 572.
35) *Report of the Lancet Special Commission on the contamination of uniforms provided by the Army Clothing Depot* (1878) *Vol. I* 217 *u.* 246.
36) *Ueber die Bedeutung von Fremdkörpern in Wunden*, *Wiener klin. Wochenschrift* (1888) 616 *f. u.* 637 *f.*
37) **Pfuhl**, *Ueber die Infektion der Schufswunden durch mitgerissene Kleiderfetzen*, *Z. f. Hyg.* 13. *Bd.* 487 *f.*
38) **Hager**, *Pharmaceut. Praxis* 1. *Bd.* 351; *Berliner klin. Wochenschrift* (1870)
39) *Rép. chim. appl.* 2. *Bd.* 52, 303.
40) **Dingler's** *polytechn. Journal* 158. *Bd.* 146 *u.* *Chem. News* 3. *Bd.* 48.
41) *Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie* (1860) 721.
42) *Ebend.* (1869) 17. *Bd.* 1162.
43) *Berichte d. deutsch. chem. Ges.* 6. *Bd.* 25.
44) **Beilstein**. *II. Auflage* 2. *Bd* 693 *u.* **Fischer's** *chem. Technologie* (1893) 669.
45) **Ludwig**, *Medizinische Jahrbücher der Ges. deutsch. Aerzte* (1877) 509
46) *Die Teerfarben mit besonderer Rücksicht auf Schädlichkeit und Gesetzgebung von Dr.* **Th. Weyl** *u. die daselbst angeführte Litteratur*, *insbesondere* **Grandhomme**.
47) **Th. Weyl**, *Ueber Safraninvergiftung*, *Ztschft. f. Hyg.* 7. *Bd.* 35.
48) **Kayser**, *Repert. f. a. Ch.* (1883) 3. *Bd.* 121.
49) **Bischoff**, *Ebenda* 305.
50) **Pappenheim**, *Medic. Polizei*, 2. *Bd.* 613.
51) **Sendtner**, *A. f. H.* 17. *Bd.* 433.
52) **Th. Weyl**, *Vergiftungen durch Baumwolle*, *die mit chromsaurem Blei gefärbt ist*, *Z. f. Hyg.* 6. *Bd.* 369, 544.
53) **K. B. Lehmann**, *Hygienische Untersuchungen über Bleichromat. A. f. Hyg.* 16. *Bd.* 315 *f.*
54) *Wasserdichte Gewebe*, *Encyklopädisches Handbuch der techn. Chem. v.* **Kerl** *u.* **Stohmann**, 3. *Bd.* 1710 *u.* 6. *Bd.* 1083.
55) *Untersuchungen über die Brauchbarkeit porös-wasserdicht gemachter Kleidungsstoffe für die Militärkleidung von* **Hiller**, *Deutsche militärärztl. Ztschft.* (1888) *Heft* 1.
56) *Feuersichere Gewebe*, *Encyklop. Hdb. der tech. Chem. v.* **Kerl** *u.* **Stohmann** 6. *Bd.* 1085, 7. *Bd.* 2362 *u. die daselbst angeführte Litteratur.*
57) **von Meyer**, *Die richtige Gestalt der Schuhe*, *Zürich* 1858; *Zur Schuhfrage*, *Z. f. Hyg.* 3. *Bd.* 487 *f.*
58) **Starcke**, *Der naturgemäfse Stiefel*, *Berlin* 1881.
59) **J. Meurer**, *Handbuch des alpinen Sport* 82 *f.*
60) **Buttersack**, *Ueber Hosenträger*, *Arch. f. Hyg.* 16. *Bd.* 73.

61) **C. Kirchner**, *Militärhygiene* (1877) 413; **M. Kirchner**, *Militärgesundheitspflege* (1893) 514.
62) **R. Platz**, *Die Unfallverhütungsvorschriften* 1. *Bd.* 37 *f.*, 2. *Bd.* 23 *f.*
63) *S.* **Th. Sömmering**, *Ueber die Wirkungen der Schnürbrüste, Berlin* 1793.
64) **Rokitansky**, *Pathol. Anat.* (1861) 3. *Bd* 245 *f.*
65) **Hyrtl**, *Topographische Anat.* 7. *Aufl.* 1. *Bd.* 620, 814.
66) **Leue**, *Dissertation*, *Kiel* 1891, *refer. in Deutsch. Vierteljschr. f. ö. G.* 25. *Bd. Suppl.* 114
67) **Kuhnow**, *Die Frauenkleidung vom Standpunkt der Hygiene* (1893).
68) **Miller**, *Dress Reform for women, Hygienic Review* (1893) *Nr.* 30, 429.
69) *Wiener mediz. Wochenschr.* 22. *Bd.* 800, 1165.
70) *Vergl. die Kapitel über Klima und Klimatologie in Bd. I dieses Handbuches.*
71) *Vergl. das Kapitel über Gebrauchsgegenstände (Farben) in Bd. III dieses Handbuches.*

*Vergl. ferner* **Rochard**, *Encyclop., d'hygiène, Vêtements, Tome* 4, 678; **Rubner**, *Ueber den Wert u. die Beurteilung einer rationellen Bekleidung, Deutsche Vierteljschr. f. ö. Gesundheitspflege* 25. *Bd.* 471 *f.*

*Manuskript abgeschlossen am* 1. *September* 1893.

# Register.

---

# WASSERVERSORGUNG, WASSERUNTERSUCHUNG UND WASSERBEURTEILUNG.

BEARBEITET VON

**DR. F. LOEFFLER,**
GEH. MED.-RAT UND O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

**G. OESTEN,**
OBERINGENIEUR IN BERLIN.

**DR. R. SENDTNER,**
INSPEKTOR DER KGL. UNTERSUCHUNGS-ANSTALT IN MÜNCHEN.

(MIT BEITRÄGEN VON TH. WEYL.)

---

## ERSTER BAND, ZWEITE ABTEILUNG.

(SCHLUSS DES ERSTEN BANDES.)

GENERALREGISTER ZUM ERSTEN BANDE.

**JENA,**
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1896.

# Inhaltsübersicht.

## 1. Wasserversorgung.

Bearbeitet von

Oberingenieur Oesten in Berlin.

## 2. Chemische Untersuchung des Trinkwassers.

Bearbeitet von

Dr. R. Sendtner, Inspektor der kgl. Untersuchungsanstalt in München.

---

## 3. Das Wasser und die Mikroorganismen.

Bearbeitet von

Dr. F. Loeffler, Geh. Med.-Rat und o. ö. Professor an der Universität Greifswald.

---

## 4. Die Beurteilung des Trinkwassers.

Bearbeitet von

Prof. Dr. F. Loeffler und Dr. R. Sendtner.

*(Die Einleitung, ferner Abschnitt I, II und III sind von Dr. Sendtner, der Abschnitt IV von Prof. Loeffler verfasst.)*

# WASSERVERSORGUNG.

BEARBEITET

VON

G. OESTEN,
OBERINGENIEUR IN BERLIN.

MIT 38 ABBILDUNGEN IM TEXT.

Das Wasser ist für das Leben des Menschen, für die Kulturentwickelung der Völker unentbehrlich. Alle Kulturvölker und alle Zeiten haben daher auch die Gewinnung, die Leitung, die Verwendung des Wassers zum Gegenstand ihrer großartigsten und kühnsten technischen Leistungen gemacht und ihre Kulturentwickelung mit Hilfe der geschaffenen Wasserversorgungen gefördert, darauf gestützt und daran aufgebaut.

Wir denken an die oft citierten Bewässerungswerke der Assyrer, Babylonier und Aegypter, an die Stauwerke der Indier, die Wasserleitungen des alten Rom mit ihren 700 großen Wasserbehältern und 500 öffentlichen Bädern und einem Gesamtzufluß, der mehr als anderthalb Millionen Cubikmeter täglich betragen haben soll, und bewundern noch heute die Ueberreste dieser Werke. Die Bewässerungsanlagen in Spanien lehren, daß die Wasserwirtschaft auch dort uralt ist und daß in späterer Zeit die Araber Großes darin geleistet haben.

Nicht aber der Vergangenheit, sondern allein der Gegenwart gehört die Entwickelung der Wasserwirtschaft in den nördlicheren Staatsgebieten an. Sie nimmt zur Zeit an der Hand der hoch entwickelten Technik hier einen Aufschwung, welcher in mancher Beziehung die Werke der Vergangenheit überholt hat.

## Einleitung.

Umfaßt und berührt auch der Begriff der „Wasserversorgung", allgemein genommen, das gesamte menschliche Kulturleben, da das Wasser der Schiffahrt als Mittel zur Beförderung von Lasten und Personen, der Landwirtschaft zur Bewässerung der Felder und Wiesen, den Gewerben als Träger, Spender von Triebkräften und als Lösungsmittel, dem Haushalt des Menschen als Trink- und Wirtschaftswasser zur Reinigung seines Körpers, seiner Kleider, Geräte und Wohnungen dient, so liegt doch nur in seiner Verwendung für den Unterhalt und das Wohlbefinden des Menschen die Bedeutung des Wassers für die Hygiene. Daher ist der Begriff der Wasserversorgung für den Zweck der nachfolgenden Behandlung zunächst einzuschränken auf den Gebrauch des Wassers in der Hauswirtschaft, also auf die bürgerliche oder Städte-Wasserversorgung.

Aber auch dieser Begriff ist nach mehreren Seiten hin noch zu zu weit, um in dem Rahmen dieses Werkes behandelt werden zu können;

das historische, das ethnologische wie das rein technische Gebiet der Wasserversorgung können hier kaum berührt werden.

Wir können hier nicht aufzählen, was vergangene Kulturperioden hervorgebracht und geübt, noch dasjenige, was in der Gegenwart die Bedürfnisse minder entwickelter Kulturvölker als ausreichend anzuerkennen gestatten. Es gilt vielmehr festzustellen, was die Technik der modernen hauswirtschaftlichen Wasserversorgung in ihrer gegenwärtig am weitest gediehenen Entwickelung leisten soll und kann; und zwar allein in Bezug auf die Anforderungen, welchen vom Gesichtspunkte des gesundheitlichen Gedeihens der heutigen Menschenbevölkerung mit ihren durch Zusammenleben und Zusammenwirken gesteigerten Lebensbedingungen, genügt werden muß.

Es kann daher in dem vorliegenden Werke auch nicht eingegangen werden auf die Technik der modernen Wasserversorgung als solche, sondern nur auf ihre Beziehungen zur Hygiene.

Um aber den Leser in den Stand zu setzen, sich über die historische Entwickelung der Wasserversorgung bei den Kulturvölkern, sowie über die Technik der Wasserversorgung einen Ueberblick zu verschaffen, werden nachstehend eine größere Zahl von Schriften, welche das genannte Gebiet betreffen, aufgezählt.

Die technische Litteratur der letzten Jahrzehnte im Wasserversorgungsfache ist aufserordentlich reichhaltig. Sie findet sich zumeist zerstreut in einer gröfseren Zahl von technischen Zeitschriften, unter denen hier genannt sein mögen:

*Dingler's polytechn. Journal*; *Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*; *Gesundheitsingenieur*; *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure*; *Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins*; **Erbkam**, *Zeitschrift für Bauwesen*; *Polytechn. Centralblatt*; *Deutsche Bauzeitung*; *Zeitschrift des hannoverschen Architekten- und Ingenieur-Vereins*; *Glaser's Annalen für Gewerbe- und Bauwesen*; *Comptes rendus*; *Annales des ponts et chaussées*; *Engeneering*; *Artizian*; *Scientific American*; *Sanitary Engeneer etc.*

Zugleich kann auf folgende selbständige technische Werke verwiesen werden:

**Ferd. Fischer**, *Die chemische Technologie des Wassers, Braunschweig* 1878.
**Ferd. Fischer**, *Das Wasser, seine Verwendung, Reinigung und Beurteilung, Berlin* 1891.
**Grashof**, *Theoretische Maschinenlehre, Leipzig* 1875, 1. *Bd. Hydraulik.*
**Rühlmann**, *Hydromechanik* 2. *Aufl., Hannover* 1879—80.
**Heusinger von Waldeck**, *Handbuch der Ingenieurwissenschaften* 3. *Bd.* 1. *Abtlg., Leipzig* 1883.
**E. Grahn**, *Statistik der deutschen Wasserversorgungen, München* 1878.
**E. Grahn**, *Die Art der Wasserversorgung der Städte des Deutschen Reichs etc., München* 1883.
**v. Ehmann**, *Die Versorgung der wasserarmen Alb mit fliefsendem Trink- und Nutzwasser und das öffentliche Wasserversorgungswesen im Königreich Württemberg, Stuttgart* 1885.
**Franzius** *und* **Sonne**, *Der Wasserbau, Leipzig* 1883.
**Otto Lueger**, *Die Wasserversorgung der Städte, Darmstadt* 1891—95 *etc.*

Das letzgenannte Werk enthält umfassende Litteraturverzeichnisse für jeden Zweig der Wasserversorgungstechnik, auf welche hier hingewiesen sein mag.

**W. Ripley Nichols**, *Water supply considered mainly from a chemical and sanitary standpoint, New York* 1893.
**S. Hughes**, *A treatise on waterworks for the supply of cities and towns, London* 1872.
**Humber**, *A comprehensive treatise on the water supply of cities and towns, London* 1876.
**L. D'A. Jackson**, *Statistics of hydraulic works and provincial water supply of England etc., London and Calcutta* 1885.
**G. Bechmann**, *Distribution d'eau assainissement, Paris* 1889.
**Turazza**, *Trattato di idraulica pratica, Padua* 1880.
**Nazzani**, *Idraulica pratica, Milano* 1883.
**D. Spataro**, *Igiene delle abituzione, Vol. III. La Destribuzione delle acque, Milano* 1895.

## I. Kapitel.

# Die Beschaffenheit des Wassers.

Die erste Frage bei der Anlegung einer Wasserversorgung, zugleich diejenige, welche unausgesetzte Aufmerksamkeit beim Betriebe derselben erfordert, ist die nach der Beschaffenheit des Wassers. Diese Frage ist gegenwärtig zugleich die schwierigste. Wenn Pindar gesagt hat: „Das Herrlichste ist das Wasser", so stimmen wir ihm noch heute zu; nach dem Stande unserer heutigen Erkenntnis über die Natur des Wassers auf der Erde, die Verschiedenheit seiner Eigenschaften je nach seiner Herkunft und seiner Vermischung mit anderen Stoffen sind wir jedoch genötigt, zu obigem Ausspruche des Dichters uns hinzuzudenken: „unter Umständen auch das Gefährlichste". Es genügt gegenwärtig nicht mehr, wie noch vor einer kurzen Reihe von Jahren aus der chemischen Zusammensetzung des Wassers seine Verwendbarkeit für die Hausversorgung zu beurteilen. Die Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers sind vielmehr schnell gestiegen und bestimmtere geworden, weil die wissenschaftliche Forschung tiefer in die Prüfung der Eigenschaften des Wassers eingedrungen ist. Vor allem hat die Bakteriologie die Führung auf diesem Gebiete übernommen und die Technik von der Aufgabe entlastet, die Güte des zu verwendenden Wassers zu beurteilen. Immerhin verbleibt der Technik, als derjenigen, welche bei Anlage einer Wasserleitung in der Regel als erste am Platze erscheint, bei dem Betriebe derselben dauernd leitend wirkt, auch heute noch ein Teil der Aufgabe: die Eigenschaften des Wassers, namentlich die physikalischen, die auf die Sinne wirkenden, zu prüfen und zu überwachen, ihre Bedeutung in hygienischer Beziehung, je nach der Art der Verwendung des Wassers zu würdigen und wo erforderlich, Abhilfe, Verbesserung zu schaffen.

Die Art der Verwendung des Wassers im menschlichen Haushalte ist eine mannigfaltige. Die Anforderungen an Güte und Reinheit des Wassers bilden nach Maßgabe dieser verschiedenen Benutzung eine Stufenfolge, welche sich etwa in folgenden Hauptverwendungsarten darstellt: Trinkwasser, Wasser zur Bereitung der Speisen, zum Reinigen des Körpers, der Koch- und Speisegeschirre, zum Waschen der Kleider, der Fußböden und Fenster, zum Tränken der Haustiere, zum Bewässern der Gärten, zu Feuerlöschzwecken, zum Fortschwemmen des Unrats. Die Endpole dieser Reihe stellen Trinkwasser und Schwemmwasser dar: während die Anforderungen an die Güte und Reinheit des Wassers zum Trinken und zur unmittelbaren Verwendung bei der Ernährung des Menschen naturgemäß die höchsten sein müssen, mit dem Fortschreiten der hygienischen Forschung gewachsen sind, auch ihren End- und Höhepunkt vielleicht noch nicht erreicht haben, könnte das Spülwasser für Rinnsteine, Kanäle, Klosettbecken, ohne hygienisch beanstandet zu werden, von viel geringerer Beschaffenheit sein.

Man hat hiernach eine Zweiteilung der Wasserversorgung nach Trinkwasser und Brauchwasser mehrfach vorgeschlagen und vereinzelt auch ausgeführt, indem man erstere aus Quellwasser, letztere aus ungereinigtem oder gereinigtem Flußwasser herstellte. Eine solche Zweiteilung ist aber, weil es keine Mittel giebt, die Benutzung des sogen. Brauchwassers zu Ernährungszwecken zu verhindern, grundsätzlich zu

verwerfen. Im Interesse der Hygiene kann bei Anlage und Benutzung einer Wasserleitung nur der Grundsatz gelten, daß sämtliches zugeführte Wasser den Anforderungen, die an Trinkwasser zu stellen sind, genügen, die Wasserversorgung daher eine einheitliche sein muß. Wasser, welches Trinkwasserqualität besitzt, ist auch zu allen anderen Zwecken brauchbar. Eine Zweiteilung der Wasserleitung erscheint nur zulässig, wenn das für untergeordnete Zwecke bestimmte Wasser Meerwasser ist, wie in einigen englischen Städten, wo dasselbe zur Straßenbesprengung benutzt wird, weil Seewasser als Trink- und Wirtschaftswasser seines Geschmackes wegen nicht in Frage kommt, die Gefahr seiner Benutzung zu diesen Zwecken also nicht besteht.

Der Begriff Reinheit des Wassers hat mit der Entwickelung der modernen Wasserversorgungen Wandlungen erfahren, welche der fortschreitenden Erkenntnis von der Schädlichkeit der im Wasser enthaltenen Verunreinigungen entsprechen. Bei den ersten in der Mitte dieses Jahrhunderts entstandenen modernen Städtewasserversorgungen, z. B. in Hamburg, Magdeburg, Wien (Kaiser Ferdinandsleitung), Staßfurt, hat noch die Meinung vorgewaltet, daß das Wasser der Flüsse in seinem natürlichen Zustande rein genug sei, um unmittelbar und ohne weitere Verbesserung den menschlichen Wohnungen zugeführt werden zu können. Die Stadt Hamburg hielt sogar zu ihrem Schaden bis in die neueste Zeit an dieser Vorstellung fest. Dann wurde von England 1853 die centrale Sandfiltration des Flußwassers nach Deutschland gebracht, welche die Beschaffenheit des Wassers wesentlich verbesserte. Der hygienische Wert dieser Verbesserung wurde bereits bei einer Choleraepidemie erkannt, welche im Jahre 1853 und 54 in London herrschte. Es ergab sich die sehr bemerkenswerte Thatsache, daß in einem Bezirke Londons von 166 906 Seelen, welcher durch das besser gereinigte Lambethwasser versorgt wurden, 611, also 37 auf 10 000; von 268 171 Bewohnern desselben Bezirks jedoch, welche das mangelhaft gereinigte Wasser der Southwark & Vauxhallwerke erhielten, 3471 oder 130 auf 10000 Einwohner der Epidemie erlagen[60]. Eingehender ist die Frage der Entstehung und Verbreitung von Krankheiten durch das Trinkwasser von Löffler im folgenden Abschnitte dieses Bandes besprochen worden.

Obwohl also schon damals die Beförderung der Cholera durch den Genuß unreinen Wassers in England klar erkannt war, hat es doch lange Zeit erfordert, bis die Erkenntnis, daß nur Wasser von reinster Beschaffenheit zur Wasserversorgung zu verwenden sei, Allgemeingut wurde.

War es in Berlin doch noch in der Mitte der 70er Jahre, in Wien und Paris noch vor wenigen Jahren üblich, unfiltriertes Flußwasser als Ergänzung dem reinen Trinkwasser beizugeben, wenn im Sommer der Wasserbedarf über ein gewisses Maß stieg. Diese Ergänzung betrug zuweilen ein Drittel der Gesamtwassermenge und mehr. Man hielt dies für zulässig und unbedenklich, weil die Mitwirkung der wissenschaftlichen Hygiene noch gänzlich fehlte.

Mit Rücksicht auf die späteren Abschnitte über Wasseruntersuchung und Wasserbeurteilung sind an dieser Stelle unter den wichtigen Eigenschaften des Wassers nur seine Durchsichtigkeit und seine Temperatur kurz behandelt, weil über diese auch der Techniker ein maßgebendes Urteil abzugeben vermag.

### 1. Durchsichtigkeit.

Soweit der Techniker das zu einer Wasserversorgung in Aussicht genommene oder benutzte Wasser prüfen und beurteilen kann, wird derselbe in erster Linie verlangen müssen, daß es rein und klar erscheine, von mechanischen Beimengungen frei sei, keinen üblen Geruch oder Geschmack besitze, sich nach längerem Stehen nicht trübe oder Absatz bilde, möglichst geringen Gehalt an organischer Substanz und geringe Härte besitze, insbesondere salpetersaure, salpetrigsaure Salze, sowie Ammoniak nicht enthalte. Die genauere Charakterisierung eines Wassers, die Entscheidung über die Zulässigkeit seiner Verwendung für den hauswirtschaftlichen Gebrauch wird der chemischen und bakteriologischen Untersuchung vorbehalten bleiben müssen, über welche die folgenden Abschnitte dieses Bandes handeln.

### 2. Temperatur.

Von Einfluß auf den Wert des Wassers als Genußmittel ist auch die Temperatur desselben. Quellwasser und Brunnenwasser besitzen in der Regel gleichmäßig die mittlere Jahrestemperatur, in unserem Klima 9—10° C. Es ist dies die Temperatur, welche dem Wasser als Trinkwasser die erwünschte Frische verleiht und zum Genuß desselben einladet. Oberflächenwasser wechselt in seiner Temperatur von 1° C im Winter bis zu 25° C im Sommer; es ist daher während der Winterzeit zu kalt zum Trinken, im Sommer dagegen zu warm und zu schal. Da das Wasser eine sehr große Wärmekapacität besitzt, so verändert es seine Temperatur auf dem Wege von der Ursprungsstelle in Behältern und Leitungen bis zur Verbrauchsstelle auch dann nur sehr wenig, wenn dieser Weg sehr lang ist. Bei der Frankfurter Hochquellenleitung ist man auf Erhaltung einer möglichst niedrigen und gleichmäßigen Temperatur des Wassers besonders bedacht gewesen. Man hat die Leitungen von den Quellen nach der Stadt, um sie den Temperaturschwankungen der Luft möglichst zu entziehen, 2,5 m tief in den Boden gelegt und, wo dies anging, aus Cementröhren gebildet, welche geringes Wärmeleitungsvermögen besitzen. Das Ergebnis der nach der Inbetriebsetzung der 70 km langen Leitung angestellten Temperaturbeobachtungen waren Abweichungen der Temperatur des Wassers im Reservoir an der Friedberger Warte von der Quellentemperatur im Vogelsberg von 1,7 bis 1,8° C [1]. In Berlin durchläuft die Temperatur des Wassers der Spree oder des Tegeler Sees Schwankungen von 0,6 bis 25° C an der Verbrauchsstelle, in den Häusern von 2,5 bis 23,70° C; in Breslau: in der Oder von 0 bis 26° C, im Hochreservoir von 1 his 25° C [2].

Der unmittelbare hygienische Einfluß der Temperatur mag nicht erheblich sein; es mag die Gesundheit des Menschen nicht direkt gefördert werden, wenn er Wasser von der gleichmäßigen mittleren Jahrestemperatur 9 bis 10° C, nicht geschädigt, wenn er solches mit mehr als 20° C genießt. Der hygienische Wertunterschied der beiden Trinkwasser liegt aber darin, daß das erstere den Wassergenuß überhaupt befördert und dadurch dem Genuß von Spirituosen entgegenwirkt, wozu das letztere nicht geeignet ist.

Die Temperaturbewegungen des Wassers in Landseen verhalten sich wesentlich anders als die in Flüssen. Da das Wasser bei etwa 4° C sein größtes specifisches Gewicht erlangt, außerdem aber ein geringes

Wärmeleitungsvermögen besitzt, so verliert es von einer gewissen Tiefe ab diese Temperatur im Sommer nicht, nimmt die Lufttemperatur nur in der obersten Schicht des Seeinhalts an und zeigt eine Gesetzmäßigkeit in der Abnahme der Temperatur von oben nach unten, welche als die gleiche bei den Alpenseen wie bei den mecklenburgischen Landseen beobachtet worden ist und sich als Beispiel in folgender Zahlenreihe ausdrückt [3] [4]:

| | Temperatur |
|---|---|
| an der Oberfläche | 20 ° C |
| in 5 m Tiefe | 19 „ |
| „ 10 „ „ | 13,7 „ |
| „ 15 „ „ | 9,4 „ |
| „ 20 „ „ | 7,2 „ |
| „ 25 „ „ | 6,0 „ |
| „ 30 „ „ | 4,8 „ |
| „ 35 „ „ | 4,7 „ |

Diese Temperaturkurve gilt für Seen mit klarem Wasser und großer Durchsichtigkeit. Ist das Wasser des Sees durch Schwebestoffe getrübt, so dringt die Erwärmung im Sommer bis in größere Tiefe ein. Im Winter nimmt die große Masse des Wassers eine Temperatur von 4° C an, nur die der Eisdecke benachbarten Schichten zeigen eine zunehmende Abkühlung bis zu 0° C.

Die an nordamerikanischen Seen vorgenommenen Temperaturmessungen stimmen mit den Beobachtungen in Europa überein [5] [6].

Bei der Verwendung von Wasser aus tiefen und klaren Landseen ist daher die Möglichkeit gegeben, dasselbe von mehr gleichmäßiger Temperatur zu erhalten, als dies bei der Entnahme aus Flüssen möglich ist.

Ueber die Ansprüche an ein reines Wasser siehe weiteres in den Kapiteln Chemische und bakteriologische Untersuchung des Wassers.

1) **Gg. Kerner**, *Frankfurter Quellwasserleitung, Bericht* 1874.
2) *Verwaltungsbericht der städtischen Wasserwerke zu Breslau für das Jahr* 1877/78.
3) **Thiem**, *Vorprojekt für die Wasserversorgung der Stadt München* 1876.
4) **Oesten**, *Wassertemperaturen in Landseen*, *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung* 1886.
5) **Nichols**, *On the Temperature of fresh-water lakes and ponds, Boston* 1881.
6) **Forster**, *Die Temperatur fließender Gewässer Mitteleuropas, Hyg. Rundschau* (1895) 455 [*Ref.*].

## II. Kapitel.

# Die Wassermenge.

Die Größe der für eine centrale Wasserversorgung erforderlichen Wassermenge wird gewöhnlich nach den Erfahrungssätzen bemessen, welche sich beim Betriebe bereits vorhandener Wasserwerke herausgebildet haben, und als Durchschnittszahlen in Litern pro Kopf und Tag der zu versorgenden Bevölkerung ausgedrückt. Diese Erfahrungszahlen sind jedoch mit Vorsicht zu gebrauchen, sie zeigen auch unter sich große Verschiedenheit; denn die Ungleichartigkeit der Umstände und Bedingungen, unter welchen die Wasserversorgung in den verschiedenen Orten betrieben wird, sind so erheblich, daß sich die Aufzeichnungen über den durchschnittlichen Wasserverbrauch in der Fachlitteratur ohne weitere Prüfung nicht miteinander vergleichen oder anwenden lassen.

Vor allen Dingen ist bei dieser Prüfung davon auszugehen, daß unter der erforderlichen Wassermenge die erforderliche nutzbare Wassermenge zu verstehen ist, daß Verluste an Wasser hierin nur insoweit eingeschlossen gedacht sein sollen, als sie auch bei vollkommenen Einrichtungen und eingehender Kontrolle des Wasserverbrauchs als unvermeidlich angesehen werden müssen. Nur bezüglich der wirtschaftlich nutzbar gemachten Wassermenge lassen sich Vergleiche anstellen, brauchbare Durchschnittszahlen gewinnen. Die Verluste an Wasser durch unwirtschaftliche Verwendung, Vergeudung, Undichtheit der Verschlüsse sind schwer zu berechnen, sie sind jedoch um so größer, je unvollkommner die Kontrolle des Wasserverbrauches ausgeübt wird. Wie groß diese Wasserverluste werden können, zeigen die statistischen Aufzeichnungen über den Wasserverbrauch in denjenigen Städten, welche von der unkontrollierten Verwendung des Wassers zur Kontrolle des Verbrauchs durch Wassermesser übergegangen sind, z. B. der Stadt Magdeburg, wo der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag nach Einführung der Wassermesser sich um mehr als 50 Proz. vermindert hat.

Am besten, wenn auch noch lange nicht vollständig, ist das Verfahren, den Wasserverbrauch der Konsumenten zu messen, in den Städten Deutschlands ausgebildet. Diese zeigen daher auch von allen den geringsten Wasserverbrauch. Dabei ist bemerkenswert, daß sich die Durchschnittszahlen bei denjenigen Städten einander immer mehr nähern, welche in gleicher Weise eine obligatorische Anwendung der Wassermesser eingeführt haben, daß also das Bedürfnis an nutzbarem Wasserverbrauch sich immer mehr als ein gleichmäßiges herausstellt. In den englischen Städten ist der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag höher als in Deutschland, die Kontrolle aber auch eine entsprechend unvollkommnere. Die englischen Ingenieure sind seit langer Zeit (Report der Royal-Kommission of Water Supply 1869) darüber nicht im Zweifel, daß ein so hoher Verbrauch nur durch gewissenlose Vergeudung herbeigeführt wird. Die Einführung der Wassermesser wird als Mittel zur Abhilfe lebhaft erörtert, besonders auch in London, stößt aber, wie es scheint, auf unüberwindliche Schwierigkeiten, die zumeist wohl in der durch die englische Bauart bedingten großen Zahl der erforderlichen Wassermesser und dem hierdurch notwendigen enormen Kapitalaufwand, zum Teil wohl auch in Voreingenommenheiten mancherlei Art ihren Grund haben.

In den Städten Nordamerikas ist der Wasserverbrauch pro Kopf und Tag noch größer als in England, aber auch hier wissen die Fachmänner, daß die Ursache dieses gesteigerten Wasserkonsums nicht in dem wirklichen wirtschaftlichen Bedürfnis der Bewohner oder besonderen und berechtigten Lebensgewohnheiten derselben, sondern nur in der überhand genommenen Wasservergeudung liegt.

Es würde nutzlos sein, die Zahlen über den Wasserverbrauch in England, Amerika oder aus anderen Ländern, die sich in der deutschen Fachlitteratur vielfach wiedergegeben finden, hier vorzuführen. Diese Zahlen haben für die Beurteilung der hygienisch erforderlichen Wassermenge keinen Wert, und zwar sowohl überhaupt nicht als insbesondere nicht für deutsche Verhältnisse. Auch würde es nur historisches Interesse haben, welches begreiflicherweise hier zurückstehen muß, auf ältere Aufzeichnungen in Deutschland über verbrauchte Wassermengen zurück-

zugehen. Dagegen empfiehlt es sich, die neuesten Betriebsergebnisse der Städte-Wasserversorgung in Deutschand als Grundlage der Betrachtung über erforderliche Wassermengen zu benutzen [6].

## 1. Wasserverbrauch pro Kopf und Tag[6].

Die nachstehende Tabelle, welche 52 deutsche und schweizer Städte aufführt, ist aus der statistischen Arbeit der Kommission des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands berechnet und zusammengestellt. In Spalte 3 dieser Tabelle sind diejenigen Jahreswassermengen aufgeführt, welche zum Privatwasserverbrauch abgegeben sind, und in Spalte 4 ist der Prozentsatz dieser Wassermengen verzeichnet, welcher durch Wassermesser kontrolliert worden ist. Nach der Größe dieses Prozentsatzes ist die Reihenfolge der Wasserversorgungen absteigend geordnet. Spalte 4 enthält den durchschnittlichen Wasserverbrauch der Bevölkerung pro Kopf und Tag, berechnet aus dem Gesamtförderquantum der Werke, und in Spalte 6 ist der niedrigste Wasserpreis an jedem Orte beigefügt.

(Siehe Tabelle Seite 423.)

Faßt man in dieser Tabelle die ersten 21 Städte, welche ihre gesamte oder fast die gesamte Wasserabgabe an Private durch Messer kontrollieren, zusammen, so erhält man für diese als Durchschnittssatz pro Kopf und Tag 71,5 l und stellt man diesen die letzten 21 Städte gegenüber, welche weniger als die Hälfte ihrer Wasserabgabemenge messen, so ergeben letztere einen Durchschnittssatz von 115 l, woraus erhellen muß, daß die Kontrolle des Wasserverbrauches auf die Menge desselben einen erheblichen Einfluß ausübt.

Indessen sind die Zahlen der Tabelle ohne weiteres nicht verwendbar, weil leider nicht bekannt ist, in welcher Weise die Durchschnitte pro Kopf und Tag berechnet sind. Zwar ist hierbei die Größe des Gesamtwasserverbrauches als mit genügender Sicherheit ermittelt anzusehen, aber es bleibt fraglich, ob als Bevölkerungszahl die der ganzen versorgten Stadt oder nur die der mit Wasserleitung versehenen Grundstücke verwendet worden, und ob die Versorgung der Bewohner dieser Grundstücke eine durchweg vollständige oder nur eine teilweise war, was von Wichtigkeit, aber keineswegs als selbstverständlich anzunehmen ist. Diejenigen Durchschnittskopfzahlen, deren Ermittelung die Gesamtseelenzahl des Ortes zu Grunde liegt, während nur ein Teil derselben aus der Wasserleitung versorgt wird, sind natürlich zu niedrig, ebenso die Angaben derjenigen Städte, deren Bewohner zwar an die Wasserleitung angeschlossen sind, dieselben auch benutzen, aber außer derselben einen Teil ihres Wasserbedarfes durch eigene Einrichtungen decken. Solche Privatwasserversorgungen werden in der Mehrzahl der Städte, wenn auch in allen in verschiedenem Grade entwickelt und thätig sein.

In Berlin z. B. beträgt die Zahl der durch Dampf- oder Gaskraft betriebenen Privatwasserwerke nach den Ermittelungen von Oesten z. Z. etwa 650; das Wasserquantum, welches dieselben meistens aus dem Grundwasser fördern und damit zur Wasserversorgung der Stadt beitragen, mehr als 60000 cbm durchschnittlich am Tage oder rund 40 Proz. der durch maschinelle Einrichtungen dem Verbrauch zugeführten Gesamtwasser-

## Tabelle des Wasserverbrauches[6].

Die fettgedruckten Städte besitzen überwiegend Wasserklosetts.

| Lfde. No. | Wasserwerke | Privatwasserverbrauch in 1892 überhaupt cbm | Privatwasserverbrauch in 1892 davon nach Wassermesser Proz. | Verbrauch pro Kopf und Tag durchschnittlich Liter | Niedrigster Wasserpreis Pf. pro cbm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **Berlin** . . . | 31 113 404 | 100 | [68] *) | 15 |
| 2 | **Breslau** . . . | 6 351 853 | 100 | 76 | 15 |
| 3 | Worms . . . | 732 788 | 100 | 101 | 8 |
| 4 | Bochum . . . | 7 170 040 | 100 | 165 | 6,5 |
| 5 | **Strassburg** . . | 1 012 917 | 100 | 66 | 10 |
| 6 | **Chemnitz** . . | 1 516 901 | 100 | 42 | 10 |
| 7 | Mannheim . . | 1 115 915 | 100 | 51 | 10,5 |
| 8 | M.-Gladbach . | 690 000 | 100 | 50 | 7 |
| 9 | Remscheid . . | 301 346 | 100 | 30 | 20 |
| 10 | Osnabrück . . | 225 527 | 100 | 48 | 12 |
| 11 | Danzig Stadt . | 1 648 570 | 100 | 95 | 20 |
| 12 | Magdeburg . . | 5 341 270 | 99,9 | 89 | 9 |
| 13 | Posen . . . | 869 548 | 99 | 47 | 12 |
| 14 | Elberfeld . . | 3 865 249 | 99 | 98 | 7 |
| 15 | Weimar . . . | 341 128 | 99 | 54 | 15 |
| 16 | **Wiesbaden** . . | 1 058 000 | 99 | 75 | 17 |
| 17 | Darmstadt . . | 794 330 | 98 | 51 | 17 |
| 18 | Braunschweig . | 1 712 749 | 97 | 69 | 10 |
| 19 | Gotha . . . | 376 000 | 95 | 67 | 10 |
| 20 | Basel . . . . | 1 906 529 | 94 | 109 | 14 |
| 21 | Münster . . . | 769 703 | 92 | 51 | 9 |
| 22 | Mülheim a./R. | 3 261 650 | 82 | 156 | 4,75 |
| 23 | Witten . . . | 2 273 160 | 80 | 164 | 5 |
| 24 | Hamm . . . | 831 942 | 78 | 81 | 8 |
| 25 | Nürnberg . . | 2 292 784 | 77 | 67 | 10 |
| 26 | Trier . . . . | 450 000 | 73 | 38 | 12 |
| 27 | **Dresden** . . . | 7 602 099 | 63 | 81 | 10,8 |
| 28 | Düsseldorf . . | 3 785 649 | 57 | 82 | 6 |
| 29 | Mülheim-Deutz | 1 555 730 | 56 | 68 | 7,5 |
| 30 | Colmar . . . | 314 170 | 52 | 57 | 8 |
| 31 | **Bonn** . . . . | 1 592 259 | 50 | 91 | 7,5 |
| 32 | **Duisburg** . | 3 600 010 | 49 | 149 | 5,5 |
| 33 | Hagen . . . | 1 715 220 | 46 | 106 | 6,5 |
| 34 | **Halle** . . | 3 201 712 | 44 | 86 | 12 |
| 35 | Stuttgart . . | pro Tag 8196 | 42 | 84 | 15 |
| 36 | **Barmen** . . . | 4 484 060 | 40 | 122 | 7 |
| 37 | **Freiburg** . . | 2 285 000 | 36 | 157 | 7 |
| 38 | Freiberg . . | 1 169 112 | 36 | 125 | 6,72 |
| 39 | Eisenach . . | 516 347 | 35 | 82 | 10 |
| 40 | **Karlsruhe** . . | 1 966 407 | 32 | 105 | 10 |
| 41 | **Bamberg** . . | 661 882 | 31 | 69 | 14,3 |
| 42 | **Zürich** . . . | 5 766 200 | 29 | 242 | 5 |
| 43 | Annaberg . . | 273 500 | 27 | 65 | 17 |
| 44 | Cleve . . . . | 324 800 | 24 | 84 | 10 |
| 45 | Hannover . . | 4 715 718 | 18 | 118 | 11 |
| 46 | Kiel . . . . . | 1 618 012 | 16 | 76 | 14 |
| 47 | **Dessau** . . . | 996 437 | 16 | 90 | 10 |
| 48 | **Stettin** . . . | 4 471 364 | 13 | 115 | 8 |
| 49 | Königsberg . . | 3 575 151 | 13 | 60 | 8 |
| 50 | **Hamburg** . . | 42 617 412 | 12 | 205 | 10 |
| 51 | Cannstatt . . | 653 230 | 8 | 99 | 10 |
| 52 | Dortmund . . | 9 505 003 | 3 | 180 | 5 |

*) Nur aus der städtischen Wasserleitung?

menge. Der durchschnittliche Wasserverbrauch Berlins pro Kopf und Tag beträgt daher nicht 68 l, wie die Tabelle aufweist, sondern rund 100 l. Hierbei ist noch abgesehen von der Wassermenge, welche die zahllosen, von Hand betriebenen Hofpumpen und die Straßenbrunnen beitragen. Die in der Fachlitteratur auftretende Angabe, daß der Wasserverbrauch Berlins 68 l pro Kopf und Tag durchschnittlich betrage, dürfte hiernach zu berichtigen sein.

Es erhellt aus Vorstehendem, daß es trotz des bereits vorhandenen statistischen Materiales eine schwierige Aufgabe ist, die wirklich verbrauchte Wassermenge eines Ortes sicher zu ermitteln.

In der vorstehenden Tabelle fallen demnächst diejenigen Orte mit hohem Wasserverbrauch auf, welche eine hoch entwickelte Industrie besitzen; so Mülheim a./Ruhr 156 l, Witten 164 l, Duisburg 149 l, Barmen 122 l, Freiburg 157 l, Zürich 242 l. Ferner erscheint ersichtlich von Einfluß auf den Wasserkonsum die Benutzung von Wasserklosetts, also das Vorhandensein einer Schwemmkanalisation. Die Namen der in der Vereinsstatistik als mit mehr oder weniger vollständiger Anwendung von Wasserklosetts bezeichneten Orte sind in der Tabelle fett gedruckt. Von noch größerer Bedeutung für den Wasserkonsum erscheint nach der Tabelle der Preis des Wassers. Derselbe ist am niedrigsten in Mülheim a./Ruhr mit 4,75 Pfg. pro cbm, am höchsten in Remscheid und Danzig mit 20 Pfg. Stellt man den 10 Städten mit dem höchsten Wasserpreise: 1) Remscheid mit 20 Pfg. und 30 l, 2) Danzig mit 20 Pfg. und 95 l, 3) Wiesbaden mit 17 Pfg. und 75 l, 4) Darmstadt mit 17 Pfg. und 51 l, 5) Annaberg mit 17 Pfg. und 65 l, 6) Berlin mit 15 Pfg. und 68 l, 7) Breslau mit 15 Pfg. und 76 l, 8) Weimar mit 15 Pfg. und 54 l, 9) Stuttgart mit 15 Pfg. und 84 l, 10) Bamberg mit 14,3 Pfg. und 69 l, die 10 Städte mit den niedrigsten Wasserpreisen gegenüber nämlich: 1) Mülheim a./Ruhr mit 4,75 Pfg. und 156 l, 2) Witten mit 5 Pfg. und 164 l, 3) Duisburg mit 5,5 Pfg. und 149 l, 4) Dortmund mit 5 Pfg. und 180 l, 5) Düsseldorf mit 6 Pfg. und 82 l, 6) Bochum mit 6,5 Pfg. und 165 l, 7) M.-Gladbach mit 7 Pfg. und 50 l, 8) Elberfeld mit 7 Pfg. und 98 l, 9) Hagen mit 6,5 Pfg. und 106 l, Zürich mit 5 Pfg. und 242 l, so ergeben erstere zusammen im Durchschnitt 66,7 l, letztere 139,2 l, mehr als das Doppelte, erstere 10 kontrollieren im Durchschnitt 79,6 Proz. des Wasserverbrauches durch Wassermesser, letztere 10 deren 64,5 Proz. Der Unterschied in dieser Beziehung ist mithin nicht entsprechend erheblich, und die Einwirkung, welche der Preis des Wassers auf den Verbrauch desselben ausübt, kommt daher durch die Zusammenstellung voll zur Erscheinung. Wenn auch, wie ersichtlich, unter der Kategorie der Städte mit niedrigem Wasserpreise und großem Verbrauche sich hauptsächlich Industrieorte zusammenfinden, da die Industrie beiden gleich förderlich ist, so bleibt doch der Einfluß des Preises auf die Wasserentnahme aus einer Wasserleitung auch allgemein und zwar nach 2 Richtungen hin zu verstehen und zu erklären. Einmal ist es natürlich, daß die unnütze Verwendung von Wasser, die Nichtachtung von Verlusten, dort sich mehr einbürgern muß, wo der Wasserpreis ein sehr niedriger ist, daß dagegen die Aufmerksamkeit auf die entstehenden Verluste das Bestreben, dieselben zu verhindern, sich da steigert, wo der Wert des Wassers höher bemessen ist, und daß hierdurch unmittelbar geringer Preis und höherer Verbrauch sowie hoher Preis und verminderter Konsum ursächlich zusam-

menhängen; dann aber giebt ein hoher Wasserpreis dem Konsumenten Veranlassung, eigene Einrichtungen zur Wasserversorgung sich herzustellen und dadurch sich selbst Wasser mit geringeren Kosten zu beschaffen, als er aus der allgemeinen Wasserversorgung beziehen kann, während bei einem bereits gleich niedrig gestellten Preise der letzteren der Anlaß zur Selbsthilfe fortfällt und sämtliches Wasser aus der allgemeinen Leitung entnommen wird. Wenn dazu die natürlichen hydrologischen Verhältnisse die Anlegung von Privatwasserhebewerken besonders begünstigen, wie dies bei an Flüssen und Kanälen oder oberhalb größerer und bequem zu erreichender Grundwasserbecken gelegenen Orten der Fall ist, so erscheint es natürlich, daß die Selbstwasserversorgung in größerer Zahl und Ausdehnung betrieben wird, wie dies beispielsweise in Berlin und anderen großen Städten der Fall ist, und daß dadurch der durchschnittliche Konsum pro Kopf und Tag aus der städtischen Leitung beträchtlich sich vermindert. Andererseits wird in manchen Städten eine Steigerung des durchschnittlichen Konsums außer durch Mängel an der Leitung auch durch die schlechte Beschaffenheit des Wassers herbeigeführt, wie dies beispielsweise in Hamburg vor Errichtung der Filtration des Elbwassers der Fall war und von Gill und Fölsch[7] nachgewiesen worden ist. Berücksichtigt man diese Umstände bei der Bildung eines Mittelwertes aus den Erfahrungszahlen der vorstehenden Tabelle, so wird man wie für Berlin oben gefunden, zu einem durchschnittlichen Verbrauch von etwa 100 l pro Kopf und Tag gelangen und diese Wassermenge als die unter den meisten Umständen als erforderliche und hinreichende ansehen können, um von derselben bei der Bemessung einer ausreichenden Wasserversorgung als Grundlage ausgehen zu können, wobei dann selbstverständlich die besonderen örtlichen Verhältnisse jedesmal gebührend in Berücksichtigung zu ziehen sein werden.

## 2. Einzelwasserbedarf nach Verbrauchsklassen.

Man hat auch versucht, die zur Städtewasserversorgung erforderliche Wassermenge auf einem anderen Wege zu ermitteln; indem man nämlich gewisse Verbrauchsklassen angenommen und versucht hat, Einheiten des Wasserverbrauches für dieselben als Normalien festzustellen. Hierauf bezieht sich die Arbeit einer Kommission des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner Deutschlands aus dem Jahre 1884[11].

Nach derselben sind 5 Verbrauchsklassen, nämlich: Privatgebrauch mit 10, öffentliche Anlagen mit 11, Kommunalzwecke mit 5, Gewerbe und Industrie mit ebenfalls 5 Unterabteilungen gebildet, und sind die gutachtlichen Aeußerungen über die erforderlichen Wassermengen von 25 Wasserversorgungen eingeholt und zusammengestellt. Die Angaben über den Bedarf sind sehr schwankend und zeigen untereinander die größten Abstände, so z. B.:

| | | | |
|---|---|---|---|
| für Klosettspülung zwischen 5 und 20 l pro Kopf und Tag. | | | |
| „ Pissoirspülung pro Stand und Tag zwischen | 100 | und | 7500 l |
| „ ein Bad . . . . . . . . . . „ | 200 | „ | 1000 „ |
| „ Gartenbewässerung pro qm und Tag . . | 1,5 | „ | 50 „ |
| „ Strafsenbesprengung „ „ „ „ . . | 0.15 | „ | 1200 „ |

Die Kommission hat sich der Mühe unterzogen, dieses Material zu sichten, und bringt folgende Normaleinheiten in Vorschlag.

### A. Privatgebrauch.

| | Liter |
|---|---|
| 1) Gebrauchswasser in Wohnhäusern pro Kopf der Bewohner und pro Tag: | |
| a) zum Trinken, Kochen, Reinigen etc. | 20—30 |
| b) zur Wäsche | 10—15 |
| 2) Klosettspülung, einmalige | 5—6 |
| 3) Pissoirspülung: | |
| a) intermittierend pro Stand und Tag | 30 |
| b) kontinuierlich pro laufenden Meter Spülrohr und pro Stunde | 200 |
| 4) Bäder: | |
| a) ein Wannenbad | 350 |
| b) ein Sitzbad | 30 |
| c) Brause oder Strahldouche bei einmaliger Benutzung | 20—30 |
| 5) Gartenbegiefsung an einem trockenen Tage pro qm einmal besprengter Fläche | 1,5 |
| 6) Hofbegiefsung, an einem trockenen Tage pro qm einmal besprengte Fläche | 1,5 |
| 7) Trottoirbegiefsung, desgl. | 1,5 |
| 8) Ein Pferd, Tränken und Reinigen ohne Stallreinigung pro Tag | 50 |
| 9) Ein Stück Vieh, desgl. | |
| a) Grofsvieh | 50 |
| b) Kleinvieh | 10 |
| Ein Kalb 8 l, ein Schaf 8 l, ein Schwein 13 l | |
| 10) Ein Wagen zum Personentransport, Reinigung pro Tag | 200 |

### B. Oeffentliche Anstalten.

| | |
|---|---|
| 1) Schulen, pro Schüler und Schultag (ohne Zerstäubung für Luftbefeuchtung) | 2 |
| 2) Kasernen: | |
| a) pro Mann und Verpflegungstag | 20 |
| b) pro Pferd | 40 |
| 3) Kranken- und Versorgungshäuser pro Person und Verpflegungstag | 100—150 |
| 4) Gasthöfe pro Person und Verpflegungstag (ohne Wassermotoren oder hydraulische Aufzüge) | 100 |
| 5) Badeanstalten pro abgegebenes Bad (insofern nur Wannen- und Douchebäder abgegeben werden) | 500 |
| 6) Waschanstalten pro 100 kg Wäsche | 400 |
| 7) Schlachthäuser, Gesamtverbrauch pro Jahr pro Stück geschlachteten Viehs | 300—400 |
| 8) Markthallen pro qm bebaute Fläche und pro Markttag | 5 |
| 9) Aichamt, Gesamtverbrauch pro Jahr pro cbm geaichten Hohlgefäfses | 1100 |
| 10) Bahnhöfe, Speisewasser für Lokomotiven pro Stück und Tag | 6000—8000 |

### C. Kommunale Zwecke.

| | |
|---|---|
| 1) Strassenbegiefsung pro qm einmal besprengte Fläche | |
| a) gepflasterte Flächen | 1 |
| g) chaussierte Flächen | 1,5 |
| 2) Oeffentliche Gartenanlagen an einem trockenen Tage pro qm einmal begossene Fläche | 1,5 |
| 3) Oeffentliche Ventilbrunnen, ohne kontinuierlichen Abflufs pro Auslauf und Tag | 3000 |
| 4) Oeffentliche Pissoirs: | |
| a) intermittierende Spülung pro Stand und Stunde | 60 |
| b) kontinuierliche Spülung pro laufenden Meter Spülrohr und pro Stunde | 200 |

### D. Gewerbe und Industrie

| | |
|---|---|
| Brauereien, Gesamtverbrauch pro Jahr pro Hektoliter gebrauten Bieres, ohne Eisbereitung | 500 |

Diese Sätze erscheinen reich bemessen, können aber in manchen Fällen als Anhalt dienen.

Bürkli[9] hält im Sommer für erforderlich:

| | |
|---|---|
| Trinkwasser . . | 1,5 l |
| Brauchwasser . . | 62,5 „ |
| Fabrikwasser . . | 37,5 „ |
| zum Sprengen . | 27,0 „ |
| für Fontainen . . | 60,0 „ |
| für Klosetts . . | 62,5 „ |

Solche Zahlen mögen für einen besonderen Fall Geltung haben oder gehabt haben, als normale Durchschnittszahlen sind sie dagegen kaum verwendbar.

### 3. Grundsätze bei Bemessung der erforderlichen Wassermenge.

Welches Verfahren nun auch bei Abmessung der für alle Anforderungen der Hygiene erforderlichen und ausreichenden Wassermenge zur Versorgung eines Gemeinwesens gewählt werden mag, so wird es vor allem darauf ankommen, daß dabei von Gesichtspunkten ausgegangen wird und daß Grundsätze befolgt werden, welche geeignet sind, den hygienischen Wert einer Wasserversorgung voll zur Geltung zu bringen. Man wird diese Anforderungen in folgende Sätze zusammenfassen können:

1) Die Wassermenge muß zu jeder Tages- und Jahreszeit ausreichen alle Bedürfnisse des bürgerlichen Haushalts und des Gemeinwohls zu befriedigen. Es muß die Anlage und der Betrieb so gestaltet sein, daß dem Wachstum des Bedürfnisses Genüge geschehen kann; auch müssen Mittel und Wege zur Vergrößerung der Wassermenge, dem wirklichen Bedarf stets vorauseilend rechtzeitig erwogen und nachgewiesen sein.
2) Der Preis des Wassers ist von wesentlichem Einflusse auf die Menge des Wasserverbrauches. Derselbe ist so niedrig als möglich zu stellen, damit ein möglichst reichlicher Wasserverbrauch stattfinden kann. Bei Anlage und Erweiterung von Wasserwerken, wie auch beim Betriebe, ist auf die Möglichkeit eines niedrigen Wasserpreises Rücksicht zu nehmen.
3) Die nutzbare Wassermenge soll möglchst vermehrt, der Verlust durch unwirtschaftliche Verwendung, Nachlässigkeit und Vergeudung vermieden, bez. eingeschränkt werden. Es sind daher die geeignetsten Mittel zur Messung und Kontrolle des Wasserverbrauchs zur Anwendung zu bringen.

### 4. Verbrauchsmengen für verschiedene Zwecke.

Es erübrigt Mitteilungen darüber zu machen, wie sich die Gesamtwassermenge einer geordneten Wasserversorgung auf den Privatverbrauch und die verschiedenen öffentlichen Zwecke verteilt. Es soll auch hier von veralteten Angaben abgesehen werden, und nur einige der neuesten Feststellungen, die auf Zuverlässigkeit besonderen Anspruch machen können, sollen hier Platz finden.

In Berlin wird die Kontrolle des Wasserverbrauches in den einzelnen Verwendungsklassen seit langer Zeit in besonders sorgfältiger Weise bewirkt, es mögen daher die Angaben des Verwaltungsberichtes des Magistrats für 1891/92 vorangestellt werden.

Von dem Gesamtförderquantum der Maschinen von 40 421 941 cbm, welches bei Annahme eines durchschnittlichen Wirkungsgrades der Pumpen von 90 Proz. auf 36 379 349 cbm reduziert ist, sind verwendet:

Wasserverbrauch in Berlin.

| | cbm | Proz. |
|---|---|---|
| I. Für den eigenen Betrieb zu verschiedenen Zwecken . . . . | 267 640 | 0,736 |
| II. Für öffentliche Zwecke unentgeltlich: | | |
| A. Mittels Wassermesser: | | |
| a) zur Besprengung von 84 öffentlichen Park- und Gartenanlagen (bei einer mittleren Bewässerungshöhe von 0,2—0,5 m) | 167 329 | 0,461 |
| b) zur Reinigung der öffentlichen Denkmäler . . . . . . | 299 | 0,001 |
| c) zur Speisung von 14 öffentlichen Springbrunnen . . . . | 433 180 | 1,191 |
| d) zur Speisung von 6 öffentlichen Bedürfnisanstalten (Privatunternehmungen dieser Art sind hierin nicht eingeschlossen) | 11 950 | 0,033 |
| e) zur Versorgung der Militär-Telegraphenstation am Potsdamer Platz (besonderes Abkommen) . . . . . . . . . . . | 160 | 0,000 |
| f) Spülwasser an die Kanalisationsverwaltung . . . . . . | 1 115 880 | 3,067 |
| B. Mittels Gefäßen von bekanntem Inhalt und Kaliberhähnen: | | |
| a) zur Spülung der Rinnsteine . . . . . . . . . . . | 80 497 | 0,221 |
| b) zu Feuerlöschzwecken . . . . . . . . . . . . . | 2 488 | 0,007 |
| c) zur Strafsenbesprengung . . . . . . . . . . . . . | 820 605 | 2,256 |
| d) zur Bewässerung der Bäume in den öffentlichen Strafsen . . | 18 122 | 0,050 |
| e) zur Spülung der 140 öffentlichen Bedürfnisanstalten . . . | 712 056 | 1,957 |
| f) Verluste etc. . . . . . . . . . . . . . . . . . | 645 697 | 1,775 |
| Zusammen für öffentliche Zwecke: | 4 275 903 | 11,754 |
| III. Gegen Zahlung mittels Wassermesser an die Bewohner der Stadt | 32 103 844 | 88,246 |
| Summa: | 36 379 747 | 100,000 |

Wenn man aus der Statistik des Deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachmänner von 1892 [6] die Angaben derjenigen Städte auszieht, welche ihre Wasserlieferung an Private vollständig oder nahezu vollständig mittels Wassermesser kontrollieren, bei denen man daher eine ausreichende Kontrolle über den Verbleib des gelieferten Wassers überhaupt voraussetzen kann, so erhält man, soweit solche Angaben vorhanden sind, die nachstehende Tabelle der Wassermengen, welchen der Prozentbetrag derselben von der Gesamtmenge beigefügt ist.

(Siehe Tabelle Seite 429.)

Daß die Angaben der einzelnen Städtewasserversorgungen im Prozentsatze ihres Gesamtwasserverbrauchs für öffentliche Zwecke sowohl als desjenigen in den einzelnen Verbrauchsklassen so erheblich voneinander abweichen, findet seine Erklärung wohl zumeist in der noch nicht genügend sicheren Feststellung der betreffenden Wassermengen, in geringerem Maße nur in den besonderen örtlichen Verhältnissen und Bedürfnissen. Die letzteren werden sich mit fortschreitender Genauigkeit der Ermittelung vermutlich sowohl bezüglich des öffentlichen als

**Wasserverbrauch in 12 deutschen Städten.**

| Lfd. No. | Ort | Gesamtabgabe im Jahre und Verbrauch für öffentliche Zwecke dess. cbm | Strafsenbesprengung cbm | Springbrunnen cbm | Laufbrunnen u. Wasserständer cbm | Rinnsteinspülung cbm | Kanalspülung cbm | Bedürfnisanstalten cbm | Bewässerung der öffentl. Anlagen cbm | Feuerlöschung cbm | Sonstige öffentliche Zwecke cbm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Breslau | 9 205 405<br>24,15 | 113 196<br>1,2 | 51 741<br>0,6 | 20 000<br>0,2 | 23 500<br>0,25 | 111 972<br>1,2 | 73 065<br>0,8 | 42 000<br>0,5 | — | 1 788 672<br>19,4 |
| 2 | Magdeburg | 6 603 050<br>6,24 | 45 742<br>0,7 | 29 643<br>0,4 | 104 713<br>1,6 | 22 818<br>0, | | 192 421<br>2,9 | 14 386<br>0,2 | 5917<br>0,1 | 2 856<br>0,04 |
| 3 | Braunschweig | 2 523 669<br>22,9 | 37 900<br>1,5 | 15 000<br>0,6 | 91 200<br>3,6 | 70 000<br>2,7 | 215 000<br>8,5 | 150 000<br>5,9 | — | 1820<br>0,1 | — |
| 4 | Posen | 1 262 136<br>13,13 | 15 472<br>1,2 | 8 611<br>0,7 | 110 000<br>8,9 | 14 325<br>1,1 | | 4 380<br>0,3 | 10 127<br>0,9 | 220<br>0,02 | 138<br>0,01 |
| 5 | Worms | 960 000<br>5,9 | 8 000<br>0,8 | — | 10 000<br>1,0 | — | 7 000<br>0,7 | 3 000<br>0,3 | — | 2 000<br>0,2 | 28 000<br>2,9 |
| 6 | Elberfeld | 4 966 749<br>22,22 | 3 800<br>0,08 | 7 744<br>0,1 | 8 500<br>0,2 | 37 200<br>0,7 | 256 200<br>5,1 | 121 150<br>2,4 | 2 000<br>0,04 | 337<br>0,0 | 664 519<br>13,6 |
| 7 | Darmstadt | 1 041 148<br>7,46 | 19 999<br>1,9 | 9 808<br>0,9 | 9 342<br>0,9 | — | 260<br>0,02 | 744<br>0,07 | 717<br>0,07 | 3000<br>0,3 | 34 635<br>3,3 |
| 8 | M.-Gladbach | 850 000<br>18,8 | — | — | 19 000<br>2,2 | 1 500<br>0,12 | — | 35 000<br>4,1 | 1 000<br>0,1 | 1500<br>0,2 | 102 000<br>12,0 |
| 9 | Weimar | 419 565<br>18,6 | 48 847<br>11,6 | 3 120<br>0,7 | 8 425<br>2,0 | — | — | 18 045<br>4,3 | — | — | — |
| 10 | Basel | 3 100 014<br>19,2 | 70 773<br>2,3 | 193 601<br>6,2 | 161 487<br>5,2 | — | 14 422<br>0,4 | 156 244<br>5,0 | 3 486<br>0,1 | — | — |
| 11 | Wiesbaden | 1 764 770<br>27,26 | 55 000<br>3,1 | 15 000<br>0,9 | 125 000<br>7,1 | 5 500<br>0,3 | 130 000<br>7,4 | 75 000<br>4,2 | 25 000<br>1,4 | 1000<br>0,06 | 50 000<br>2,8 |
| 12 | Gotha | 520 000<br>9,0 | 10 000<br>1,9 | — | 5 000<br>1,0 | 10 000<br>1,9 | 100 000<br>1,9 | — | — | 2000<br>0,4 | 10 000<br>1,9 |

Zieht man das **Mittel** von den teilweise allerdings sehr voneinander abweichenden Prozentsätzen, so erhält man die folgenden Zahlen:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 16,24 | 2,19 | 0,9 | 2,8 | 0,55 | 2,16 | 2,52 | 0,28 | 0,12 | 4,66 |

welche sich den in Berlin durch sorgfältige Beobachtungen ermittelten

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12,754 | 2,256 | 1,91 | — | 0,221 | 3,067 | 1,99 | 0,46 | 0,007 | 2,562 |

in erheblichem Maße nähern.

des privaten Wasserverbrauchs in allen Gemeinwesen der Gegenwart von gleich hoher Kulturentwickelung auch als annähernd übereinstimmende immer mehr herausstellen.

### 5. Zeitliche Schwankungen des Wasserverbrauches.

Der Wasserverbrauch jedes Ortes und jedes Haushaltes ist zu verschiedenen Zeiten ein verschiedener, im Sommer und bei trockenem Wetter größer als im Winter bez. bei Regenwetter, am Tage größer als in der Nacht; auch die einzelnen Monate und Wochen, sowie die Wochentage und die Tagesstunden unter sich zeigen regelmäßige Wechsel der Wasserverbrauchsmengen. So ist im Verlauf der Woche der Wasserverbrauch in der Regel am Sonnabend am stärksten, am Sonntag am geringsten. Die Vormittagsstunden zeigen das größte Wasserbedürfnis des Tages, die Nachtstunden von 1—4 Uhr das geringste.

Von diesen Schwankungen sind die Tagesmaxima und -minima im Jahre und die stündlichen Schwankungen eines Tages von besonderer Bedeutung. Das Stundenmaximum am Tage des höchsten Wasserverbrauches im Jahre, in der Regel ein Sonnabend innerhalb der Monate Juni, Juli oder August, stellt die größte Inanspruchnahme dar, welcher eine Wasserversorgung zu genügen hat. Die Wasserversorgung wird bezüglich der Wassermenge allen hygienisch zu stellenden Anforderungen genügen, wenn zu dem genannten Zeitpunkte des höchst gesteigerten Wasserbedürfnisses ein Wassermangel an keinem Punkte des Versorgungsgebietes hervortritt, und es ist eine der wichtigsten Aufgaben der Leitung und Verwaltung einer Wasserversorgung bei den Städte-Wasserwerken der Neuzeit den meistens noch in der Steigerung begriffenen Maximaltagesverbrauch zu beobachten und nach demselben die Leistungsfähigkeit des Werkes rechtzeitig zu erhöhen, wenn dies als erforderlich in Aussicht gerückt wird.

Der Minimal- und der Maximalwasserverbrauch pro Kopf und Tag, die betreffenden Kalendertage, sowie das Verhältnis des durchschnittlichen Verbrauches zum Maximalverbrauch einer Anzahl von deutschen Städten im Jahre 1892 sind aus der mehrerwähnten Statistik des Deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachmänner in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt und berechnet [6]. Diese Tabelle giebt namentlich einen sicheren Aufschluß über das wichtige Verhältnis des durchschnittlichen zum Maximalwasserbedürfnis, welches bei der Bemessung einer Neuanlage oder der Erweiterung einer Wasserversorgung zu Grunde zu legen ist.

(Siehe Tabelle Seite 431.)

Im allgemeinen wird man sagen können, daß das Verhältnis des durchschnittlichen Tageswasserverbrauches zum Maximalverbrauch um so kleiner ist, je unwirtschaftlicher die Verwendung des Wassers gehandhabt wird. So stellt sich dieses Verhältnis in Hamburg, wo bekanntlich die Wasservergeudung infolge der unvollkommenen Art und Weise, in welcher die Anlagen zur Verteilung des Wassers im Innern der Häuser ausgeführt sind, und der unzweckmäßigen Lieferungsweise einen besonders hohen Grad erreicht hat, mit 100 : 117 am niedrigsten.

Die Tagesminima fallen, wie aus der Tabelle ersichtlich, meistens in die Winterzeit, bei 15 Orten der Tabelle in die Tage vom 25. Dezember bis 1. Januar, die Maxima in den Sommer, in 22 Fällen in die Monate

**Tabelle** [6]
des geringsten, gröfsten und durchschnittlichen Wasserverbrauches pro Kopf und Tag in 41 deutschen Städten pro 1892.

| Laufende No. | Ort | Wasserverbrauch auf den Kopf der Einwohnerzahl gerechnet | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 geringster l | 2 Datum | 3 gröfster l | 4 Datum | 5 durchschnittlicher l | 6 Verhältnis Spalte 5:3 100 : |
| 1 | Berlin . . . . . | 48 | 25.12 | 91 | 2.8 | 68 | 134 |
| 2 | Breslau . . . . | 57 | 30.4 | 104 | 2.8 | 76 | 137 |
| 3 | Magdeburg . . . | 62 | 25.12 | 110 | 24.7 | 89 | 124 |
| 4 | Altona . . . . | 67 | 7.4 | 117 | 2.8 | 95 | 123 |
| 5 | Braunschweig . . | 43 | 9.2 | 103 | 16.8 | 69 | 149 |
| 6 | Posen . . . . . | 25 | 24.10 | 83 | 20.3 | 47 | 174 |
| 7 | Worms . . . . | 48 | 22.2 | 142 | 24.8 | 101 | 140 |
| 8 | Hamburg . . . | 163 | 31.12 | 240 | 7.4 | 205 | 117 |
| 9 | Köln . . . . . | 124 | 7.4 | 224 | 1.8 | 169 | 133 |
| 10 | Dortmund . . . | 97 | 17.5 | 237 | 13.10 | 180 | 132 |
| 11 | Bochum . . . . | 80 | 25.4 | 210 | 15.9 | 165 | 127 |
| 12 | Dresden . . . . | 48 | 26.12 | 125 | 29.8 | 81 | 154 |
| 13 | Leipzig . . . . | 64 | 1.1 | 123 | 4.6 | 97 | 127 |
| 14 | Elberfeld . . . . | 41 | 26.11 | 132 | 31.8 | 98 | 136 |
| 15 | Düsseldorf . . . | 46 | 25.12 | 127 | 24.5 | 82 | 155 |
| 16 | Mülheim a./Ruhr . | 83 | 30.12 | 192 | 6.7 | 156 | 123 |
| 17 | Witten . . . . | 88 | 24.1 | 209 | 6.4 | 164 | 127 |
| 18 | Crefeld . . . . | 44 | 2.4 | 115 | 1.8 | 66 | 174 |
| 19 | Chemnitz . . . | 21 | 26.12 | 72 | 2.8 | 42 | 171 |
| 20 | Bonn . . . . . | 48 | 9.3 | 158 | 1.8 | 91 | 173 |
| 21 | Mülheim Deutz . | 43 | 30.11 | 90 | 4.6 | 68 | 132 |
| 22 | Mannheim . . . | 23 | 25.12 | 97 | 24.5 | 51 | 190 |
| 23 | Dessau . . . . | 51 | 30.11 | 138 | 29.6 | 90 | 153 |
| 24 | Münster . . . . | 21 | 27.12 | 76 | 26.6 | 51 | 149 |
| 25 | M.-Gladbach . . | 40 | | 80 | | 50 | 160 |
| 26 | Hamm . . . . | 24 | 28.12 | 136 | 20.12 | 81 | 168 |
| 27 | Colmar . . . . | 38 | 9.4 | 114 | 5.9 | 57 | 200 |
| 28 | Trier . . . . . | 13 | 29.3 | 66 | 14.9 | 38 | 174 |
| 29 | Weimar . . . . | 34 | 26.12 | 73 | 26.6 | 54 | 135 |
| 30 | Remscheid . . . | 11 | 25.12 | 55 | 22.7 | 30 | 183 |
| 31 | Osnabrück . . . | 9 | 1.1 | 48 | 17.10 | 19 | 250 |
| 32 | Rudolstadt . . . | 31 | 30.3 | 90 | 29.8 | 61 | 148 |
| 33 | Quedlinburg . . . | 15 | 22.4 | 35 | 15.10 | 28 | 125 |
| 34 | Hanau . . . . | 15 | 29.3 | 70 | 27.1 | 35 | 200 |
| 35 | Stade . . . . . | 16 | 27.2 | 55 | 25.9 | 30 | 183 |
| 36 | München . . . . | 72 | 23.11 | 154 | 19.5 | 111 | 139 |
| 37 | Frankfurt a./M. . | 1 | 11.1 | 28 | 1.6 | 14 | 200 |
| 38 | Basel . . . . . | 92 | 4.4 | 153 | 1.8 | 109 | 140 |
| 39 | Wiesbaden . . . | 52 | 11.1 | 112 | 24.5 | 75 | 149 |
| 40 | Gotha . . . . . | 50 | | 87 | | 67 | 130 |
| 41 | Eisenach . . . . | 52 | 27.12 | 121 | 10.1 | 82 | 147 |

Das Mittel dieser 41 Verhältniszahlen ist 100 : 157,1.
Nach Gill und Fölsch [7] ist diese Verhältniszahl gewesen:

| | | | jetzt |
|---|---|---|---|
| in Braunschweig | 78/79 | 100 : 150 | (149) |
| „ Breslau | 78/79 | 100 : 132 | (137) |
| „ Köln | 78/79 | 100 : 138 | (133) |
| „ Dresden | 78/79 | 100 : 144 | (154) |
| „ Hamburg | 78 | 100 : 121 | (117) |
| „ Berlin | 73 | 100 : 145 | (134) |
| daselbst | 78/79 | 100 135 | |

Juni bis August. Da, wo nach den Angaben das Maximum in der kälteren, das Minimum in der Sommerzeit stattgefunden hat, wie in Posen ersteres am 20. März, letzteres am 24. Oktober, oder in Dortmund am 13. Oktober bezw. 17. Mai, in Hamm das Maximum am 20. Dezember, das Minimum am 28. Dez., und da, wo das Verhältnis des Durchschnittsquantums zur Maximalwassermenge als ein außergewöhnlich hohes, wie in Osnabrück mit 100 : 250, angegeben ist, müssen außergewöhnliche Umstände gewaltet haben, welche derartige Verschiebungen und Abweichungen von dem naturgemäßen Verlauf der Wasserverbrauchskurve herbeizuführen geeignet gewesen sind.

Nächst den täglichen Schwankungen der Wassermengen ist es wichtig, die Abweichungen der stündlich erforderlichen Mengen von dem Durchschnittsverbrauch der Stunde $\frac{100}{24} = 4{,}166$ Proz. zu kennen. Diese Schwankungen sind maßgebend für die Leistungsfähigkeit der Einrichtungen zur Verteilung des Wasserbedarfs, also vor allem der Weiten des Rohrnetzes.

Während also der durchschnittliche Verbrauch einer Stunde 4,166 Proz. des Tagesquantums beträgt, sinkt der stündliche Verbrauch in der Nacht auf 1 bis 1,5 Proz. und steigt am Tage auf 6 bis 7 Proz, desselben. Wenn wir uns an die vorstehende Tabelle über die Schwankungen des Tagesverbrauches anlehnen und ein normales Verhältnis des durchschnittlichen zum größten Tagesverbrauch von 100 : 150 oder von 1 : 1,5 annehmen, so würde die größte Stundenwassermenge am Tage des größten Tagesverbrauches 1,5 . 6 bis 1,5 . 7 = 9 bis 10,5 Proz. der Gesamttagesleistung des Wasserwerkes betragen und letzteres dieser Anforderung gemäß zu beurteilen und zu bemessen sein. Die Stunde des größten Wasserverbrauches ist in den meisten Fällen die Vormittagsstunde von 9 bis 10 oder von 10 bis 11 Uhr, ein zweites kleineres Maximum zeigt sich häufig in der Nachmittagsstunde von 3 bis 4 Uhr. Der Gesamtwasserverbrauch der 12 Tagesstunden von 6 Uhr morgens bis 6 Uhr abends beträgt 68 bis 70 Proz., der der übrigen 12 Stunden nur 30 bis 32 Proz. des ganzen Tagesverbrauches. In der nachfolgenden Tabelle sind einige ältere und neuere Angaben über die Stundenschwankungen des Wasserbedarfs in den Städten Berlin, Breslau, Dresden und Hamburg zusammengestellt:

(Siehe Tabelle Seite 433.)

Hier drückt sich also das Verhältnis des minimalen zum durchschnittlichen zum maximalen Stundenverbrauch aus:

| | |
|---|---|
| in Berlin: | 1,757 : 4,166 : 6,311 |
| „ Breslau: | 1,565 : 4,166 : 6,740 |
| | 1,57 : 4,166 : 5,88 |
| | 1,54 : 4,166 : 5,81 |
| „ Dresden: | 0,68 : 4,166 : 6,69 |
| „ Hamburg: | 2,33 : 4,166 : 5,06 |

In den meisten Fällen wird man die abgerundeten Verhältniszahlen:

1,5 : 4 : 7

gebrauchen können.

Bemerkenswert erscheinen die großen Abweichungen von dieser Proportion in Dresden, wo sie durch die namentlich in den Abendstunden stattfindende Bewässerung der zahlreichen Gärten hervorgerufen

| Tagesstunde | Wasserverbrauch in Prozentsätzen des Verbrauches in 24 Stunden | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Berlin | | Breslau | | Dresden | Hamburg |
| | 22. 8. 79 | 16. 8. 79 | 20. 8. 92 | 8. 7. 93 | 8. 7. 93 | 25. 8. 92 |
| Nachts | | | | | | |
| 12—1 | 1,849 | 1,565 | 1,72 | 1,75 | 1,31 | 3,39 |
| 1—2 | 1,788 | 2,034 | 1,58 | 1,54 | 1,13 | 3,16 |
| 2—3 | 1,796 | 1,725 | 1,72 | 1,58 | 0,95 | 2,78 |
| 3—4 | 1,785 | 1,611 | 1,57 | 1,75 | 0,68 | 2,33 |
| 4—5 | 1,832 | 2,741 | 1,89 | 2,04 | 1,22 | 2,33 |
| 5—6 | 2,750 | 3,528 | 3,23 | 3,31 | 1,85 | 3,17 |
| 6—7 | 5,285 | 4,930 | 5,53 | 5,16 | 3,92 | 4,41 |
| 7—8 | 5,246 | 6,122 | 5,84 | 5,79 | 4,84 | 4,70 |
| 8—9 | 6,003 | 5,917 | 5,70 | 5,63 | 6,27 | 5,02 |
| 9—10 | **6,311** | 5,848 | 5,48 | 5,59 | 5,51 | 5,01 |
| 10—11 | 5,955 | 5,986 | 5,59 | 5,49 | 5,60 | 5,05 |
| 11—12 | 6,036 | 5,848 | 5,79 | 5,80 | 5,60 | **5,06** |
| 12—1 | 5,835 | 4,821 | 4,89 | 4,69 | 5,15 | 4,77 |
| 1—2 | 5,770 | 5,095 | 5,24 | 5,24 | 5,60 | 4,77 |
| 2—3 | 5,484 | 5,848 | 5,62 | **5,81** | 5,78 | 4,87 |
| 3—4 | 5,550 | 5,780 | 5,73 | 5,78 | 6,32 | 4,88 |
| 4—5 | 5,162 | 5,110 | **5,88** | 5,71 | 6,50 | 4,80 |
| 5—6 | 5,182 | **6,740** | 5,72 | 5,75 | **6,69** | 4,70 |
| 6—7 | 5,040 | 4,589 | 5,32 | 5,25 | 6,59 | 4,59 |
| 7—8 | 4,688 | 4,224 | 4,44 | 4,68 | 5,60 | 4,47 |
| 8—9 | 3,588 | 3,277 | 3,61 | 3,78 | 4,88 | 4,18 |
| 9—10 | 2,926 | 2,786 | 3,28 | 3,45 | 3,98 | 4,03 |
| 10—11 | 2,382 | 2,170 | 2,55 | 2,44 | 2,35 | 3,87 |
| 11—12 | 1,757 | 1,702 | 1,98 | 2,10 | 1,67 | 3,66 |
| | 100,000 | 100,817 | 99,90 | 100,12 | 99,99 | 100,00 |

werden, und im entgegengesetzten Sinne in Hamburg, wo sie in der bekannten unwirtschaftlichen Verwendung des Wassers begründet sind

6) Berücksichtigung der Bevölkerungszunahme.

Bei der Bestimmung der erforderlichen Wassermenge im voraus für einen mehrjährigen Zeitraum hat man die voraussichtlich eintretende Bevölkerungszunahme zu veranschlagen. Es empfiehlt sich hierzu die Formel $E = e\left(1+\frac{pn}{100}\right)$ in Anwendung zu bringen, worin $E$ die vorgeschrittene, $e$ die gegenwärtige Bevölkerungsziffer, $p$ den bisher beobachteten jährlichen Bevölkerungszuwachs in Prozenten, endlich $n$ die Anzahl der Jahre bezeichnet, welche man in Betracht ziehen will.

6) *Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern, statistische Zusammenstellung der Betriebsergebnisse von* 88 *Wasserwerken* (1892).
7) **Gill u. Foelsch,** *Hamburger Stadtwasserkunst, Gutachten* (1881).

III. Kapitel.

# Wassergewinnung.

## A. Allgemeine Vorarbeiten.

Das Wasser ist ein bewegliches Element und auf der Erde in beständiger Bewegung, auch da, wo es in Ruhe zu sein scheint. Durch

die Kraft der Sonnenwärme und die ewig wechselnde Verteilung derselben auf der Erdoberfläche wird das Wasser in Dunstform von der Oberfläche des Meeres und des Erdbodens emporgehoben, mit der strömenden atmosphärischen Luft fortgeführt und an anderen Stellen als Regen, Schnee, Tau u. s. w. auf die Erdoberfläche, zum kleinen Teil wohl auch mit der in den Erdboden eindringenden Luft in diesem selbst wieder niedergeschlagen. Es verdunstet ein Teil sogleich wieder, ein anderer sammelt sich auf der Erdoberfläche zu Rinnsalen, Bächen, Flüssen, die wieder dem Meere zufließen; ein dritter Teil dringt in den Erdboden ein bis er eine undurchlässige, eine wasserführende Schicht findet und strebt auf dieser, dem Gefälle folgend, tieferen Lagen zu. Tritt dieses unterirdische Wasser infolge der Bodenbildung zu einer geschlossenen Wasserader gesammelt wieder zu Tage, so nennen wir es **Quelle,** solange es auf seinem unterirdischen Laufe und im verteilten Zustande verharrt, **Grundwasser.** Der Begriff und Ursprung dieses Grundwassers, seine Lagerung und Bewegung sind im 1. Bande dieses Handbuches von Fodor in der Hygiene des Bodens eingehend behandelt. Auch darf hier auf die dort gegebenen Abbildungen hingewiesen werden.

Die Aufgabe der Wassergewinnung ist nun, das Wasser an dem in jedem einzelnen Falle als dem am besten geeignet erscheinenden Punkte seines natürlichen Kreislaufes auf der Erde zu fassen, zu sammeln und zu entnehmen.

Die Möglichkeit der Wassergewinnung beginnt mit dem Augenblicke, wo sich der in der Atmosphäre befindliche Wasserdunst als Regen niederschlägt. Man sammelt ihn in **Cisternen** und wendet dieses Verfahren dort an, wo man auf andere und bessere Weise Wasser nicht erlangen kann. Für die moderne hygienisch vorgeschrittene Wasserversorgung kommt diese Art der Wasserversorgung kaum in Betracht. Es wird in der Regel möglich und vorzuziehen sein das Wasser da zu gewinnen, wo es bereits Ansammlungen, Seen, Flüsse, Bäche, Quellen oder Grundwasserströme bildet, und wo sich in diesen eine größere Wassermenge der Entnahme darbietet.

Bei der Benutzung von Bächen legt man, um zur Ausgleichung der Schwankungen des Wasserverbrauchs einen Wasservorrat zur Verfügung zu haben, häufig **Talsperren** an, welche ein Aufstauen des Bachwassers, die Bildung eines künstlichen Wasserbeckens zur Folge haben.

**Quellen** müssen in der Regel durch künstliche Fassungsanlagen gesammelt und verstärkt werden. **Grundwasser** macht zu seiner Gewinnung die Anlage von **Brunnen** oder **Sammelgallerien** nötig.

Die **Entnahme aus Seen und Flüssen** findet in der Weise statt, daß ein Saugerohr oder Kanal in dieselben geführt und die Einmündungsstelle durch Gitter und Drahtnetze gegen das Eindringen von gröberen Schwimmstoffen geschützt wird.

Die Höhenlage, welche der Ort der Wassergewinnung zur Höhe der Verbrauchsstellen einnimmt, ist bestimmend für die Einrichtungen, welche dazu dienen, dem Wasser beim Eintritt in die zur Versorgung dienende Leitung die zur ausreichenden Speisung auch der höchstgelegenen Verbrauchsstellen erforderliche hydraulische Druckhöhe zu geben. Liegt die Entnahmestelle für das Wasser genügend hoch, so ist eine künstliche Hebung des Wassers entbehrlich, weil der ausreichende Leitungsdruck einschließlich des Gefälles bis zum Gebiet

der Versorgung durch erstere selbst geboten wird; in solchen Fällen nennt man die Wasserleitung eine Gravitationsleitung. Hervorragende Beispiele einer solchen bilden die Wiener Hochquellen-Wasserleitung, die Vogelsberg- und Spessartleitung für Frankfurt a./M., die Münchener, die Danziger Quellenwasserleitungen.

Liegt die Wasserentnahmestelle so tief, daß das Wasser, um in den höchsten Stockwerken der zu versorgenden Häuser frei ausfließen zu können, gehoben werden muß, so sind Maschinen erforderlich, um das Wasser auf diese Höhe zu drücken. Hierzu verwendet man in der Regel Dampf-, zuweilen auch Gaskraftmaschinen oder hydraulische Motoren.

Die Erwägungen nun, welche bei der Wahl eines Bezugsortes für eine Wasserversorgung leiten sollen, sind in erster Linie hygienischer Natur. Es kommen zunächst die für die Gesundheit der Wasserkonsumenten zuträgliche Beschaffenheit des Wassers und die ausreichende Menge in Frage; demnächst sind es Fragen technischer und finanzieller Art, welche den Ausschlag für die eine oder andere Bezugsquelle zu geben haben.

Wurde durch chemische und bakteriologische Untersuchung (siehe die letzten Abschnitte dieses Bandes) die Beschaffenheit des Wassers einer oder mehrerer in Aussicht genommener Bezugsquellen als gut oder ausreichend und einwandsfrei festgestellt, so ist es, bevor man sich für die eine oder die andere Art des Bezuges entscheidet, erforderlich, die Ergiebigkeit der fraglichen Wasservorräte zu ermitteln und deren Schwankungen kennen zu lernen. Hierzu sind Messungen und Beobachtungen anzustellen. Besonders bei Quellen, deren Ausflußmengen sich häufig in weiten Grenzen bewegen, ist eine durch längere Zeit und namentlich in trockener und wasserarmer Zeit vorzunehmende Beobachtung und sorgfältige Messung der ausfließenden Wassermenge geboten, um deren Nachhaltigkeit zu prüfen und ein zutreffendes Urteil darüber zu gewinnen, ob die in Aussicht genommene Quelle zu der beabsichtigten Wasserversorgung ausreicht. Solche Messungen können mittels Gefäßen von bekanntem Inhalt oder mittels Ueberfallwehr vorgenommen werden, auch kann man sich unter Umständen dazu eines Wassermessers bedienen.

Die Gesamtergiebigkeit jeder Quelle im Jahre ist abhängig von der Menge des Niederschlagswassers, die zeitweise Ergiebigkeit und der Wechsel in derselben hängen von verschiedenen Umständen, wie der Bodenbeschaffenheit, dem Zustande und der Verteilung der Bewaldung des Quellgebietes sowie von Witterungseinflüssen ab. Die Wiener Hochquellen ergeben ihr Minimum an Wasser im Winter während starker Frostperioden, weil alsdann der Zufluß aus den lagernden Schnee- und Eismassen des Hochgebirges aufhört.

Die Mittelwassermengen und Minima der Quellen am Fuße der rauhen Alb giebt Lueger[1] in folgenden Zahlen an:

| | Mittelwasser | Minimum |
|---|---|---|
| Blautopf . . . . . . . . . | 1300 Sekundenliter | 350 Sekundenliter |
| Zwiefalter-Aach . . . . . | 1060 " | 320 " |
| Münsiger-Lauter . . . . . | 1000 " | 470 " |
| Brenz-Ursprung . . . . . | 900 " | 245 " |
| Lauterquelle (Buttenhausen) | 375 " | 130 " |

Mitunter wird die Ergiebigkeit von Quellen dadurch vermindert, daß im Innern des Gebirges eine Umlagerung des Gesteins oder Erdreichs stattfindet, daß chemische Vorgänge die Wege für das Wasser verstopfen oder verändern, daß Ausscheidung und Ablagerungen stattfinden, wie bei den Quellen von Karlsbad [2], Vorgänge, deren Vorbedingungen mit der Höhe des Wassers über der Thalsohle häufiger vorkommen, sodaß mit zunehmender Höhe über der Thalsohle die Gefahr solcher Veränderungen wächst.

In flachen Gegenden sind es die Senkungen und Hebungen größerer Landflächen, welche, meistens allmählich wirkend, den Lauf und Austritt sowie die Ergiebigkeit der Quellen vermindern und verlegen.

Erdbeben können Quellen zum vollständigen oder zeitweisen Versiegen bringen sowie den Ausbruch neuer Quellen hervorrufen.

Durch geschickte Fassung einer Quelle kann die beobachtete natürliche Ergiebigkeit derselben vermehrt werden. Beispielsweise ist in Wiesbaden durch die Aufschlußarbeiten die Ergiebigkeit einiger Quellen um ein Drittel höher ausgefallen, als im natürlichen Zustande derselben gefunden war.

Die Prüfung der Ergiebigkeit einer Grundwasserströmung ist durch direkte Messung in der Regel nicht ausführbar, sie erfordert vielmehr umfänglichere Vorarbeiten, deren Methode insbesondere durch die hydrologischen Arbeiten von Thiem [3–6] ausgebildet ist. Gegenstand derartiger Untersuchungen muß es in der Regel zunächst sein festzustellen, ob die Vorbedingungen für das Vorhandensein eines ausreichenden Grundwasserstromes: Durchlässigkeit des Bodens und Gefälle des Grundwasserspiegels gegeben sind. Beides wird durch Bohrung ermittelt; die Spiegelhöhen des Grundwassers an den Bohrstellen werden durch Nivellement festgelegt und zu Plänen der Höhenschichten oder Horizontalen des Grundwassers vereinigt. Diese in gleichen Vertikalabständen übereinander gedachten Kurven gestatten vermöge des Verlaufes ihrer Horizontalabstände zu einander bereits einen Einblick in die Hauptrichtung der Grundwasserbewegung und lassen diejenigen Punkte des betreffenden Gebietes erkennen, in denen die größte Ergiebigkeit zu erwarten ist. An diesen Punkten ist alsdann, sofern sie sonst geeignet sind, durch Senkung von Brunnen und andauernde Pumpversuche, bei welchen neben der natürlichen die durch die Entnahme erzeugten künstlichen Absenkungen des Grundwasserspiegels sorgfältig zu beobachten sind, festzustellen, welche Wassermenge dem in Aussicht genommenen Grundwassergebiet, ohne Erschöpfung oder Verminderung des Zuflusses herbeizuführen, dauernd entnommen werden kann. Bei der Entnahme von Wasser aus dem Versuchsbrunnen sinkt der natürliche Wasserspiegel in demselben und zwar um so tiefer, je größer das andauernd entnommene Wasserquantum ist, sodaß verschiedene Tiefen der Absenkung des Brunnen- und des umgebenden Grundwasserspiegels verschiedene aber bestimmte Wassermengen entsprechen. Man berechnet daher aus dem Grade der Absenkung die Ergiebigkeit der Grundwasserströmung, was mit einiger Zuverlässigkeit geschehen kann, wenn die wasserhaltenden Bodenschichten eine einigermaßen gleichmäßige Durchlässigkeit besitzen. Diese für Grundwasserbeobachtung und Grundwassergewinnung erwünschte Gleichartigkeit der wasserhaltenden Schichten findet man jedoch selten, am ehesten noch in den sandigen und kiesigen alluvialen und diluvialen Ablagerungen, also in den Ebenen und Flußthälern; aber auch hier wird es stets

schwierig sein, durch Versuche oder durch Rechnung auf Grund theoretischer Erwägungen (Thiem[3–6], Lueger[7]) die Ergiebigkeit eines Grundwasserträgers einigermaßen genau vorher festzustellen. Veränderungen in der Ergiebigkeit von Grundwasserströmungen können aus gleichen Ursachen entstehen, wie solche für Quellen bezeichnet worden sind. Von Einfluß auf die Schwankungen der Grundwassermenge sind vor allem die Niederschlagsmengen, die Aufnahmefähigkeit des Bodens für diese, insbesondere die Bewaldung, klimatische Einflüsse, Bodenumlagerungen, Hebungen und Senkungen, nur sind die Wirkungen solcher Einflüsse langsamere und erst in größeren Zeiträumen zu Tage tretend.

Abbildung 1 stellt schematisch im Profil einen bis auf die wasserführende Schicht gesenkten Brunnen, den natürlichen Grundwasserspiegel *A B*, den abgesenkten Wasserspiegel *C* im Brunnen, sowie die Absenkungskurven dar.

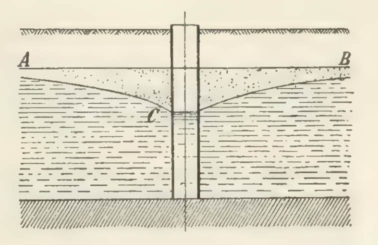



Fig. 1. Grundwasser-Absenkung.

In Abbildung 2 sind die von Thiem[3] in dem mächtigen Grundwasserstrome des Gleisenthales bei Deisenhofen beobachteten Grundwasserkurven dargestellt, und zwar vor der Gleichgewichtsstörung und nach derselben durch den Versuchsbrunnen bei einem angenäherten Beharrungszu-

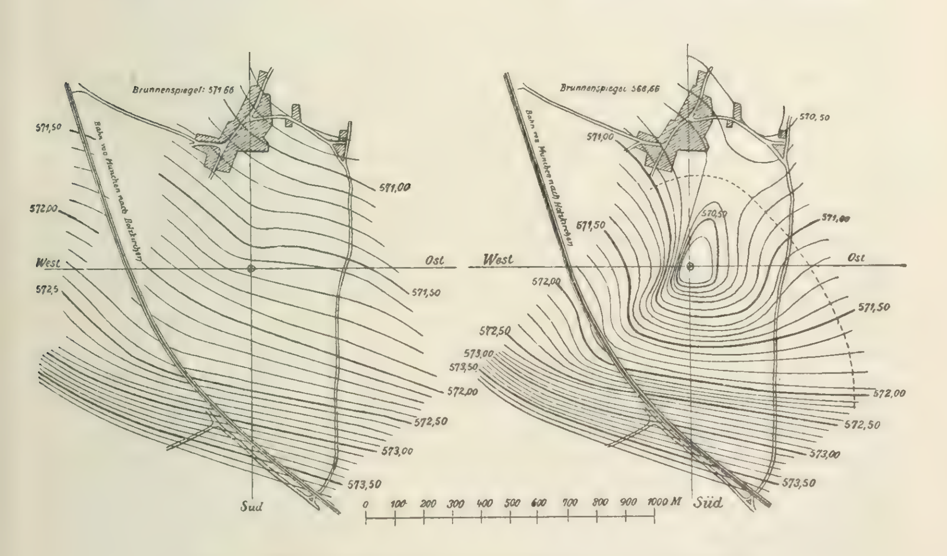



Fig. 2. Grundwasserstrom des Gleisenthals bei Deisenhofen.

stande der Entnahme von 190 Sekundenliter, nachdem dieselbe mit 5 m Spiegelsenkung 27 Tage lang angehalten hatte.

Thiem findet bei dieser Untersuchung, daß bezüglich der Größe der Grundwasserspiegelsenkungen die Ergebnisse der Rechnung mit denen der Pumpversuche übereinstimmen.

Einen bemerkenswerten Fall der Grundwassergewinnung bildet die

von Herzberg[8] projektierte und ausgeführte Wasserversorgung der Insel Norderney. Hier schwimmt gewissermaßen, wie die schematische Abbildung Fig. 3 zeigt, ein aus den Niederschlägen sich ergänzendes Grundwasserbecken auf dem die Insel umgebenden und das tiefere Grundwasser bildenden Seewasser und wird durch Rohrbrunnen in einer für mehr als 20000 Kurgäste ausreichenden Menge gewonnen. Diese Anlage hat sich durch 5-jährigen Betrieb als tadellos bewährt. Die Höhe $h^1$ des Grundwasserspiegels beträgt im Mittel 1,4 m

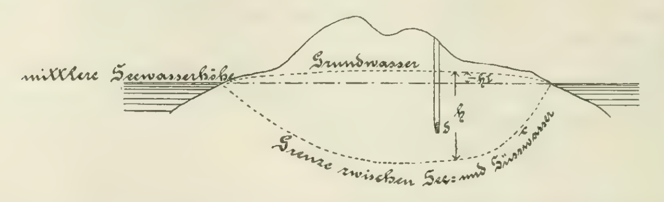



Fig. 3. Grundwasser in Norderney. $h$ Gesamttiefe des Grundwasserbeckens, $h'$ Höhe des Grundwasserspiegels über Seehöhe.

über Mittel-Seewasserhöhe. Die ganze Tiefe des salzfreien Grundwassers bis auf die salzhaltige Schicht beträgt 53 m. Ebbe und Flut bringen Schwankungen von 20 cm des Grundwasserspiegels hervor.
Wassers auf Norderney.

Bei der Wassergewinnung aus Flüssen mit solchen in Verbindung stehenden Seen oder aus großen Strömen wird ein derselben vorhergehender Nachweis der Ergiebigkeit in den meisten Fällen und jedenfalls dann fortfallen können, wenn das Niedrigwasser des Flusses noch das Vielfache des für die Zwecke der Wasserversorgung erforderlichen Maximalquantums ausmacht. So erscheint beispielsweise die große, zur Wasserversorgung der Stadt Hamburg aus der Elbe zu schöpfende Wassermenge im Verhältnis zu der des Elbstromes auch beim niedrigsten Wasserstande desselben von vornherein und ohne nähere Prüfung so gering, daß eine Messung des Wassers der Elbe bei Hamburg behufs Nachweises der Zulänglichkeit desselben oder auch der Entbehrlichkeit der zur Wasserversorgung der Stadt erforderlichen Wassermenge für die Schiffahrt unterbleiben kann. Dagegen sind in anderen Fällen der Flußwasserversorgungen allerdings Messungen der von den Flüssen geführten Wassermassen erforderlich gewesen und ausgeführt worden, um dasjenige Wasserquantum festzustellen, welches ohne Schädigung der Schiffahrt und anderer Zwecke des Flusses von demselben zur Wasserversorgung abnehmen zu können. In Berlin hat Veitmeyer[9] die von der Spree und Havel daselbst geführten Wassermengen 1868 gemessen und als kleinstes Sommerwasser in der Spree 17,0 cbm, in der Havel 8,965 cbm in der Sekunde gefunden. Die aus beiden Flüssen für die Wasserversorgung von Berlin zu entnehmenden Wassermengen sind seitens der Strombehörden auf 2 cbm in der Sekunde für das Spreegebiet und 1 cbm in der Sekunde für das Havelgebiet begrenzt worden, um die Schiffahrt durch Entziehung einer zu großen Wassermenge nicht zu schädigen.

Die Messung der Wassermenge, welche ein Fluß führt, wird am zweckmäßigsten durch Auspeilung von geeigneten, gut ausgewählten Querprofilen, Berechnung des Wasserquerschnittes und Messung der

Geschwindigkeit in den einzelnen Profilteilen, bei geringerer Geschwindigkeit mittels Schwimmstäben, welche in nahezu senkrechter Stellung annähernd bis auf den Boden des Profils reichen, bei größeren Stromgeschwindigkeiten mittels des Woltmann'schen Flügels[19] in der Mitte der Profilteile und in halber Tiefe derselben ausgeführt.

Bei der Wassergewinnung aus kleineren Flüssen und Bächen ist zwar oftmals die Hochwassermenge derselben für die beabsichtigte Wasserversorgung ausreichend, nicht aber das Sommerwasser.

In diesem Falle kann durch Anlegung einer Thalsperre (S. 450) und Aufspeicherung der in der wasserreichen Jahreszeit überflüssigen Wassermassen für die Zeit des mangelnden Zuflusses und zugleich des höchsten Wasserbedarfs der erforderliche Wasservorrat gewonnen werden.

Die hierzu erforderlichen Vorarbeiten erstrecken sich auf die Ermittelung des Niederschlags und der abfließenden Wassermengen, der Größe und der Art des Niederschlagsgebietes, der Höhenverhältnisse u. s. w.

## B. Anlagen zur Wassergewinnung.

Hat die Abwägung aller bei der Wahl einer Wasserbezugsquelle zusammenwirkenden Gesichtspunkte, der hygienischen bezüglich der Beschaffenheit und ausreichenden Menge des Wassers, der technischen in Hinsicht der Ausführbarkeit der Entnahme und Förderung, und schließlich des Kostenpunktes zu dem Ergebnis geführt, eine bestimmte Art der Wassergewinnung zur Ausführung zu bringen, so kommt es darauf an, bei derselben den Anforderungen der Hygiene in möglichst vollkommener Weise Rechnung zu tragen. Es wird dem Zwecke dieses Handbuches entsprechen und zugleich genügen, die verschiedenen Anlagen zur Wassergewinnung, Quellfassung, Grundwasser- und Oberflächenwassergewinnung von letzterem Gesichtspunkte aus der näheren Betrachtung zu unterziehen, technische und finanzielle Erörterungen jedoch, welche über den Rahmen dieser Darstellung hinausgehen würden, möglichst zu vermeiden.

### 1. Fassung von Quellen.

So verschieden die in der Natur vorkommenden Quellen hinsichtlich ihrer Größe und Ergiebigkeit, der Lage ihres Austritts, ob in der Ebene als aufsteigende oder Sprudelquellen oder an Berghängen, ferner nach der Art des Gebirges, aus dem sie entspringen, ob Gerölle und Geschiebe oder festes Felsgestein sich zeigen, so mannigfaltig und in jedem Falle in besonderer Art gestalten sich auch die Vorkehrungen, welche zur Fassung der Quelle und zur Fortleitung ihres Wassers getroffen werden müssen. Allen solchen Anlagen sind aber gewisse Hauptkonstruktionsteile gemeinsam und für alle lassen sich daher gemeinsame hygienische Bedingungen aufstellen.

Jede Quellfassung, ob in kleinster und bescheidenster Ausführung oder als großartigste Fassungsanlage, wie jene des Kaiserbrunnens bei Wien, enthält einen Fassungsraum, dessen Aufgabe, die einzelnen Quellfäden zu sammeln, je nach den besonderen örtlichen Verhältnissen

technisch auch in besonderer Weise zu lösen ist. Vor allen Dingen ist darauf zu halten, daß das in diesem gewonnene Wasser jederzeit rein bleibt. Es ist daher notwendig, den Fassungsraum, die Brunnenstube, stets so anzulegen, daß ein Eindringen von Tagewasser in dieselbe nicht stattfinden kann. Auch muß das Innere vor der Einwirkung von Frost und Hitze bewahrt bleiben. Die Brunnen- oder Sammelstube ist daher zu überwölben oder in anderer Weise dicht zu überdecken, für Abweisung der Regenwässer und für Schutz gegen Ueberflutung durch Hochwasser von Bächen oder Flüssen ist zu sorgen. Etwaige Störungen im Ursprung der Quelle müssen leicht erkannt, untersucht und beseitigt werden können; daher ist es notwendig, den Fassungsraum leicht zugänglich zu machen. Die Notwendigkeit der Entlüftung und der Lufterneuerung über dem Wasserspiegel bedingt ein Ventilationsrohr; dasselbe ist durch ein Dach und Sieb gegen den Eintritt fremder Körper zu schützen. Aus jeder Brunnenstube führt das Entnahmerohr in die Leitung zum Wasserverbrauch. Da es bei aller Vorsicht und Sorgfalt vorkommen kann, daß durch Zufall Blüten, Holzstücke, Tiere in die Brunnenstube gelangen, versieht man das Entnahmerohr mit einem Siebe. Diese Einrichtung muß leicht zugänglich sein.

Jeder Fassungsraum erhält außerdem möglichst eine Ueberlaufvorrichtung und eine Grundentleerung: letztere, um eine nach längerer Betriebszeit etwa erforderliche Revision und Reinigung desselben vornehmen zu können; ferner einen Sandfang und wenn möglich eine Meßvorrichtung, mit welcher dauernd Bestimmungen der Wasserergiebigkeit der Quelle vorgenommen werden können.

Es wird Aufgabe des ausführenden Ingenieurs sein, in jedem besonderen Falle diesen Konstruktionsteilen die richtige und die Anforderungen der Hygiene befriedigende Gestaltung und Wirksamkeit zu geben. In allen Fällen hat derselbe auch darauf zu halten, daß das Bauwerk in harten, wetterbeständigen Steinen und Cementmörtel ausgeführt und möglichst kein Holz verwendet wird, weil dasselbe fault und einen Herd für Bakterien bildet. Aus demselben Grunde sind bei Trockenmauerwerk die Fugen nicht mit Moos oder einem anderen Stoffe organischer Natur auszustopfen.

Die solideste und sorgfältigste Ausführung der Quellfassung, bei der namentlich auch die Auslaufstelle vorsichtig zu behandeln und möglichst nicht zu verändern ist, wird stets auch die Unveränderlichkeit der Quelle in Bezug auf Beschaffenheit und Menge am besten sicher stellen und daher hygienisch von großem Werte sein. Es ist endlich dafür zu sorgen, daß das die Quelle umgebende Gelände sich im Besitz des Unternehmers der Wasserversorgung befindet, um dasselbe gegen Störung der Quellfassung, gegen Verunreinigung oder Abgrabung derselben durch andere sicher zu stellen. Ausführliche Beschreibungen und Zeichnungen von Quellfassungen der verschiedensten Art findet man in: Otto Lueger, Die Wasserversorgung der Städte S. 391--410. Fig. 4 stellt eine einfache Brunnenstube dar. Fig. 5 ein Profil durch die Fassung des Kaiserbrunnens der Wiener Hochquellenleitung.

Aus Lueger[10] ist das nachfolgende Verzeichnis derjenigen deutschen Städte entnommen, welche eine Quellenwasserversorgung besitzen:

Aachen, Aalen, Altenburg, Annaberg, Ansbach, Apenrade, Apolda, Arnstadt, Aschersleben, Aussig, Backnang, Baden-Baden, Baireuth, Biele-

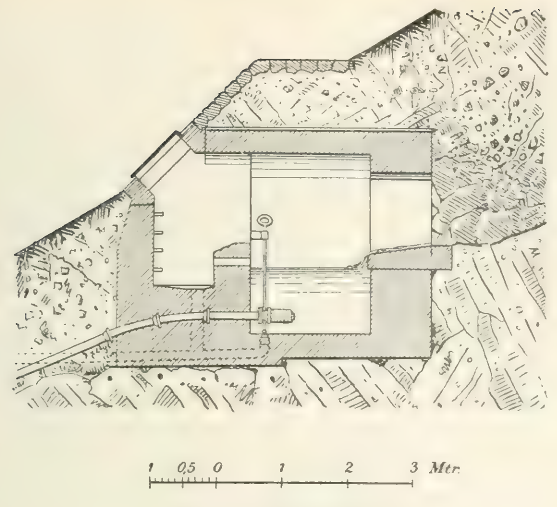



Fig. 4. Brunnenstube.

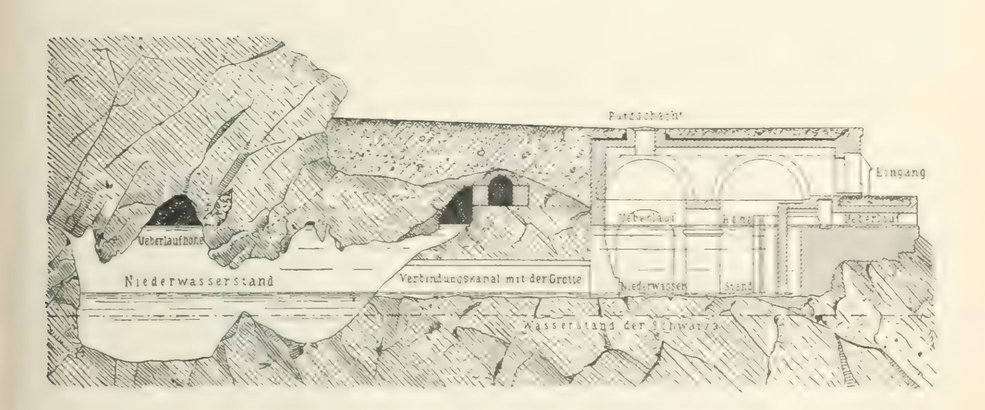



Fig. 5. Längsschnitt durch die Fassung des Kaiserbrunnens bei Wien.

feld, Blankenburg, Bremerhafen, Calw, Coburg, Cöslin, Crossen, Danzig, Diedenhofen, Eisenach, Eisleben, Elbing, Elster, Erfurt, Ettlingen, Frankfurt a. M., Freiberg i. S., Freiburg i. B., Freudenstadt, Fulda, Gera, Gießen, Glogau, Göttingen, Goslar, Gotha, Greiz, Grimma, Grünberg, Hall, Haynau, Heidelberg, Heilbronn, Hirschberg i. Schl., Hohenlimburg, Homburg, Kissingen, Konstanz, Kösen, Kreuznach, Lahr, Lauban, Lausigk, Lauterbach, Lindau, Münster, Münsterberg, Nauheim, Neunkirchen, Neustadt a. d. Haardt, Nordhausen, Nürnberg, Offenbach, Oschatz, Osterode, Passau, Pforzheim, Pirna, Plauen, Ravensburg, Reichenau, Reutlingen, Riedlingen, Rudolstadt, Ruhla, Saalfeld, Saargemünd, Saarlouis, Salzburg, Sangerhausen, Schneeberg, Schwelm, Seesen, Sigmaringen, Sondershausen, Sorau, Staßfurt, Stolp, Straubing, Suhl, Torgau, Ueberlingen, Ulm, Urach, Vaihingen, Waldenburg, Weißenfels, Werdau, Wernigerode, Wiesbaden, Wildbad, Wittenberg, Würzburg, Zeitz, Zittau, Zwickau.

## 2. Grundwasserfassung.

Für die zweckmäßigste Anlage zur Gewinnung von Grundwasser ist vor allem die Gestaltung und Beschaffenheit der das Wasser enthaltenden Erdschicht, des Grundwasserträgers, maßgebend. Derselbe kann geringe Mächtigkeit bis zur wasserführenden Schicht aber verhältnismäßig große Flächenausdehnung besitzen, das Wasser in einzelnen durch undurchlässiges oder weniger durchlässiges Bodenmaterial getrennten Adern enthalten, deren genauere Lage schwer zu bestimmen ist; in diesem Falle wird die Fassungsanlage eine flache sein, ihre Hauptausdehnung in horizontaler Richtung erhalten müssen und daher aus Gruben, Sammelröhren, Sammelkanälen etc. bestehen müssen. Oder aber der Grundwasserträger zeigt sich bei großer Tiefe von mehr oder weniger gleichmäßiger Durchlässigkeit, alsdann wird man zur Gewinnung des Grundwassers zweckmäßiger vertikale Sammler, Brunnen, anwenden. Unter Umständen können beide Arten der Grundwassergewinnung verbunden zur Anwendung kommen. Dies trifft besonders dann zu, wenn zwei oder mehrere Grundwasserträger durch undurchlässige Schichten getrennt übereinandergelagert sind, wie dies aus nachfolgender Figur hervorgeht, welche dem Werke von Fodor entlehnt ist.

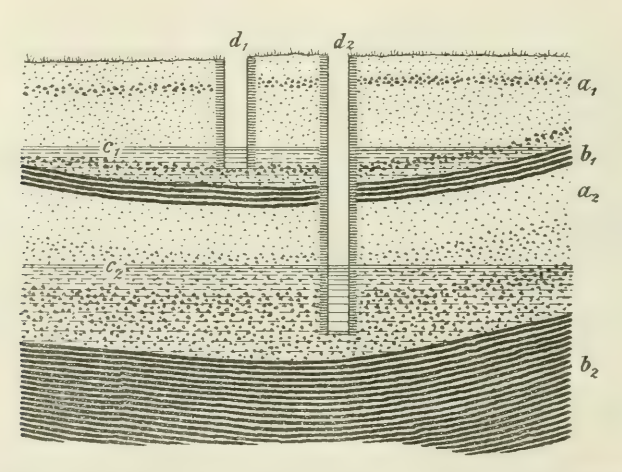



Fig. 6. Mehrfaches (doppelt) geschichtetes Grundwasser. $a$—$a$ durchlässige, $bb$ undurchlässige Schichten, $c_1$—$c_1$ oberflächliches, $c_2$—$c_2$ tiefes Grundwasser, $d_1$—$d_2$ höheres resp. tieferes Grundwasser erschliefsende Brunnen.

### a) Grundwasserfassung durch offene Gruben und Sammelröhren,

Die einfachste Form der horizontalen Sammelanlage ist der offene Graben. Solche werden in Holland angewendet, um das Grundwasser der Dünen zu sammeln. So werden für die Wasserversorgung von Amsterdam, einem Dünengebiet von etwa 2500 ha Fläche, durch Sammelgruben 27 cm Wasserhöhe = 6750000 cbm jährlich entzogen, welches ungefähr einem Drittel der gesamten Regenhöhe von 80 cm entspricht.

In solchen offenen Grundwassergräben entwickelt sich naturgemäß ein unerwünschtes Pflanzen- und Tierleben. Das Wasser ist allen möglichen zufälligen und böswilligen Verunreinigungen ausgesetzt und nimmt

daher, wenn auch beim Eintritt in die Gräben völlig rein, in denselben alle Eigenschaften und Mängel des Oberflächenwassers an. Es kann daher auch aus hygienischen Gründen ohne sorgfältige künstliche Filtration zur Hauswasserversorgung nicht verwendet werden.

Zweckmäßiger und vollkommener erscheint die Fassung des Wassers durch überdeckte Sickerungen und Sammelröhren, deren einfachste Form für kleine Ausführungen die stumpf aneinanderstoßenden kurzen Drainröhren bilden. Bei größeren Anlagen verwendet man gelochte Thon- oder Cementröhren oder geschlitzte Eisenröhren, auch gemauerte Kanäle und Stollen mit zweckmäßig angebrachten Einlaßöffnungen für das Wasser. Die gelochten oder geschlitzten Röhren, unter anderem bei den durch Salbach ausgeführten Grundwasserwerken der Städte Halle und Dresden angewandt, werden in der Regel mit sorgfältig gewaschenem groben Schotter und Kies umhüllt, um das Eindringen von Sand in die Sammelanlage zu verhüten. Die Rohrstrecken sind geradlinig auszuführen und in gewissen Abständen durch Revisionsbrunnen von mindestens 1,5 m lichtem Durchmesser zu unterbrechen, um von diesen aus, wenn erforderlich, eine Besichtigung und Reinigung der Fassungsanlage vornehmen zn können. Solche Sammelstränge münden alsdann in brunnenartig gestaltete Sammelbehälter oder in wirkliche Sammelbrunnen aus, die ihrerseits, wie auch die Revisionsbrunnen, als Teile der Fassungsanlage gestaltet und bis auf die wasserführende Schicht eingesenkt werden können. Aus dem Hauptsammelbrunnen findet die Wasserentnahme statt. Durch die Absenkung des Wasserspiegels in demselben entsteht das wirksame Gefälle, welches das Wasser aus den Sammelsträngen zuführt und diese in Thätigkeit setzt.

Grundwassergewinnung mittels Sammel- oder Filterrohren besitzen außer den bereits genannten Städten Baireuth, Burgstädt, Ems, Erfurt. Frankfurt a. M., Hannover, Hof, Iserlohn, Kassel, Lauban, Malstatt-Burbach, Sprottau, Thun, Wildungen etc. Als ein Beispiel einer aus zwei Sammelanlagen in verschiedener Höhenlage zusammengesetzten Grundwassergewinnung, welche das Wasser aus zwei übereinanderliegenden und durch eine undurchlässige Schicht getrennten Grundwasserträgern (s. S. 442) aufnimmt, und zwar zunächst aus dem oberen und nach Bedarf auch aus dem unteren, kann die bei Ittenhausen von Ehmann für die Stadt Friedrichshafen angelegte, von Lueger[11] beschriebene Wasserfassung angeführt werden.

Die Wasserfassungen mittels Sammelröhren oder Sammelkanälen sind, wenn unter dem Grundwasserspiegel auszuführen, in der Regel mit Wasserbewältigung*) verbunden. Die Tiefe, in der dies ohne übergroße Kosten geschehen kann, ist eine mäßige, und daher die nutzbare Absenkung des Grundwasserspiegels eine nur geringe. Man hat sich daher vor Wahl und Inangriffnahme einer derartigen Wassergewinnung die Ueberzeugung zu verschaffen, daß auch die begrenzte Inanspruchnahme des Grundwasserträgers Sicherheit für die erhoffte und erlangte Wassermenge wirklich und andauernd gewährt.

*) Bei der „Wasserbewältigung" mufs der unter dem Grundwasserspiegel im durchlässigen Erdreich gelegene Arbeitsraum durch eine Spundwand von dem ihn umgebenden wasserhaltigen Erdreich abgeschlossen, durch Auspumpen des Wassers soweit entwässert und während der Arbeit soweit wasserfrei erhalten werden, dafs die letztere ausgeführt werden kann.

**b) Grundwasserfassung durch Brunnen.**

Hat ein Grundwasserträger eine größere Mächtigkeit oder eine größere Tiefenlage, so wird es vorteilhafter sein, das Wasser durch vertikal eingesenkte Sammler oder Brunnen zu gewinnen. Man führt die Brunnen offen als sogenannte Kesselbrunnen oder geschlossen als Rohrbrunnen aus und verbindet nach Erfordern mehrere derselben durch horizontale Röhren zu einem System.

Kesselbrunnen.

In der ersten und ursprünglichen Form ist der Brunnen als Schöpfbrunnen oder Ziehbrunnen nichts anderes als ein durch Ausmauerung der Wandungen gegen den Einsturz derselben gesichertes Wasserloch. Eine vorgeschrittene Form des gemauerten oder Kesselbrunnens ist der für die Wasserversorgung einzelner Häuser vielfach angewendete Pumpbrunnen.

Für Wasserversorgungen im größeren Maßstabe hat man gemauerte Brunnen von großer Weite und Tiefe hergestellt. Solche Brunnen werden auf hölzernen, mit Eisen beschlagenen oder besser ganz aus Eisen angefertigten, außen cylindrischen, innen nach oben konisch sich verengenden Brunnenkränzen aufgemauert, deren äußerer Rand scharf ist und daher leicht in das Erdreich einschneidet. Sie werden durch ihr eigenes Gewicht oder noch mit Hilfe von Belastung in den Boden eingesenkt, indem das Erdreich im Innern des Brunnens ausgegraben und ausgebaggert wird. Mit der Mauerung muß die Aushebung des Bodens, wenn nötig, unter Wasserbewältigung (s. S. 443) gleichen Schritt halten. Die Ausgrabung wird solange als möglich mit Schaufel und Eimerwerk, bei nicht mehr zu bewältigendem Wasserandrang mittels Baggerschaufel, Sackbohrer, Sandpumpe etc. bewirkt, bis der Brunnen die gewünschte Tiefe der Senkung erreicht hat.

Die Brunnenwandung wird entweder undurchlässig in Cementmauerwerk hergestellt, in diesem Falle kann der Brunnen nur durch seine untere offene Fläche Wasser aufnehmen und muß dann einen mit der Größe der beabsichtigten Wasserentnahme wachsenden lichten Durchmesser erhalten; oder die Brunnenwandung ist ganz oder teilweise durchlässig ausgeführt, in welchem Falle der Brunnen auch seitliche Zuflüsse erhält. Die Durchlässigkeit der Brunnenwandung wird dadurch erreicht, daß man das Mauerwerk ohne Mörtel, mit erweiterten Fugen oder ausgelochten Steinen aufführt. Man hat auch Brunnen mit doppelten Wandungen in dieser Weise gebaut und den Zwischenraum mit Kies und Sand gefüllt und diese Brunnen Filterbrunnen genannt. Ein Beispiel dieser Art sind die jetzt außer Benutzung befindlichen Tegeler Brunnen bei Berlin, die bis zu einer Tiefe von 26 m unter Terrain mit doppelten durchlässigen Wandungen eingesenkt sind. In den fertig gesenkten Brunnen wird das Saugerohr der Pumpe eingehängt, die Brunnenöffnung selbst wird mit einem Deckel abgedeckt und gegen den Eintritt von Unreinigkeiten, Flutwasser etc. möglichst geschützt. Fig. 7 stellt einen Hauptbrunnen mit der Einmündung des geschlitzten Sammelrohrs des Wasserwerkes Hannover dar.

Hygienisch sind sämtliche Kesselbrunnen-Konstruktionen nicht einwandsfrei. Brunnen mit durchlässigen Wandungen nehmen aus allen Bodenschichten auch aus den oberen Wasser Zuflüsse auf, die mancherlei schädliche Stoffe enthalten können

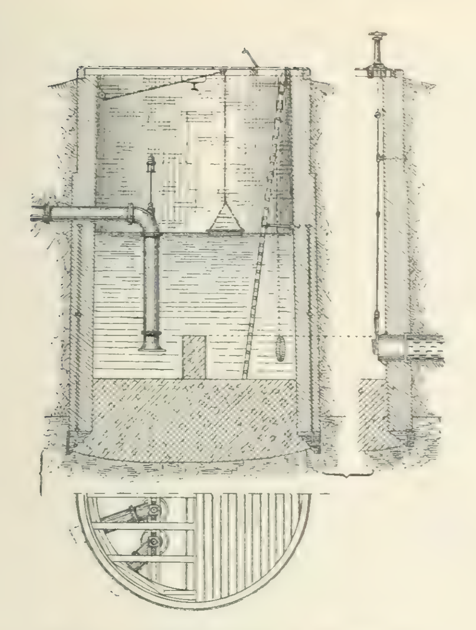
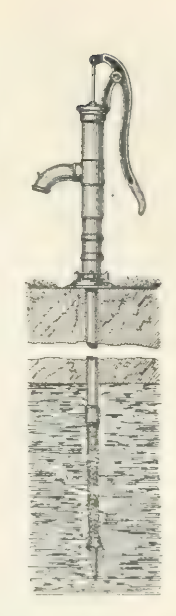



Fig. 7. Hauptbrunnen mit Sammelrohr. Fig. 8. Abessinier Brunnen.

und auch enthalten, wenn die Brunnen sich in der Nähe von menschlichen Wohnungen, gedüngten Feldern, Dunggruben, Kanälen, stagnierenden Wasserflächen etc. befinden. Durch derartige Infiltration sind thatsächlich Kesselbrunnen häufig verunreinigt und alsdann die Ursache epidemischer Erkrankungen geworden, wie dies von Löffler in den Abschnitten über die Verbreitung von Krankheiten durch Wasser näher dargelegt wird.

Aber auch die mit undurchlässigen Wandungen hergestellten Brunnen, in welche solche Zuflüsse namentlich bei größerer Tiefe des Brunnenkranzes nicht gelangen können, weil dieselben ihren Zufluß nur von unten und aus tieferen Schichten erhalten, haben, hygienisch betrachtet, den Mangel, daß der Wasserspiegel im Brunnen von der Berührung mit der äußeren Luft nicht vollständig abzuschließen ist und daß sich über dem eingehängten Entnahmerohr eine mehr oder weniger stagnierende Wasserschicht bilden muß, welche an der Erneuerung nicht oder nur in geringem Maße teilnimmt und der Entwickelung von Mikroorganismen Raum und Gelegenheit bietet.

Diese hygienischen Nachteile der Kesselbrunnen sind bei der Anwendung von Rohrbrunnen zur Grundwassergewinnung ausgeschlossen. Da letztere außerdem für gleiche Wasserlieferung geringere Anlagekosten als gemauerte Brunnen erfordern, so verdrängen sie in neuerer Zeit die letzteren mehr und mehr.

## Rohrbrunnen.

Die einfachste Form des Rohrbrunnens ist der sog. abessinische Brunnen, ursprünglich eine amerikanische Erfindung aus dem Secessionskriege 1861—65, nach dem Erfinder auch Norton'sche Röhre genannt, von den Engländern auf ihrem Feldzuge in Abessinien 1867—68 mit großem Erfolge verwendet (Fig. 8). Dieser Brunnen

zeichnet sich durch seine Einfachheit aus. Mit demselben kann man rasch und tief in das Grundwasser gelangen, er wird daher häufig angewendet, wo es sich darum handelt, mit geringen Kosten und zu vorübergehenden Zwecken geringere Wassermengen zu gewinnen oder den Grundwasserstand zu beobachten.

Der Brunnen besteht aus einem schmiedeeisernen Rohr, welches unten mit einer Stahlspitze und oberhalb derselben mit Löchern versehen ist. Das Rohr von 25—65 mm Durchmesser wird mittels einer Zugramme in den Boden eingetrieben und dabei durch Muffenverschraubungen nach Bedarf verlängert. Hat der durchlochte Teil, „der Sauger", die gewünschte Tiefe in dem Grundwasserträger erreicht, so wird auf das obere Ende des Rohres ein Pumpenstiefel mit Kolben und Schwengel aufgeschraubt und Wasser gepumpt. Dabei spült das in den Sauger eindringende Wasser zunächst die feineren Bodenteile aus, und es bildet sich um denselben aus den vor den Oeffnungen zurückbleibenden gröberen Teilen ein natürliches Filter, welches den weiteren Eintritt von Sandkörnern in die Pumpe verhindert. Man kann auch das gelochte Rohr, um Verstopfungen zu vermeiden, mit Tressengewebe umgeben. Auch gebraucht man zuweilen statt der Schlagspitze eine schraubenförmig gestaltete Spitze und bohrt dann das Rohr durch Drehen in den Boden hinein.

Der Widerstand des Bodens beim Einrammen oder Einbohren des Rohrbrunnens wird bei einem lichten Durchmesser desselben von mehr als 60—65 mm zu groß, um diese Art der Herstellung noch mit Vorteil anwenden zu können. Man versenkt alsdann den Rohrbrunnen mittels Bohrung oder Wasserspülung.

Das Verfahren, welches hierbei am häufigsten angewendet wird, ist, kurz beschrieben, das folgende:

An zwei Streben eines Dreifußes wird eine Seilrolle befestigt und an dem über diese Rolle geführten Seil der Ventilbohrer in das Bohrrohr gehängt. Letzteres besteht aus einem schmiedeeisernen Cylinder mit scharfem unteren Rande. Gelangt nun der Bohrer auf den das Bohrrohr anfüllenden Boden, so öffnet sich das Ventil des Bohrers nach der Erdoberfläche zu, es dringt der Sand oder Kies in den Bohrer ein, und wenn derselbe hoch gezogen wird, schließt sich das Ventil und hält den eingedrungenen Boden zurück. Bei wiederholtem Fallen und Hochziehen des Bohrers füllt sich derselbe, wird alsdann herausgezogen und entleert. Um den Betrag des hierbei am Boden des Bohrrohres entstehenden Hohlraumes wird das Bohrrohr durch Hin- und Herdrehen bei gleichzeitiger Belastung desselben eingesenkt. Man bohrt auf diese Weise Brunnenröhren bis zu 500 mm lichtem Durchmesser ein.

Da der Reibungswiderstand gegen das Senken mit der Größe der berührten Mantelfläche, also mit der Tiefe zunimmt, ist die letztere begrenzt. Man wird daher bei großen Bohrtiefen mit einem möglichst weiten Durchmesser des Bohrrohres beginnen und in Absätzen teleskopartig zu engeren Bohrdimensionen übergehen, indem man mit jeder engeren Rohrstrecke eine neue Bohrung beginnt. Hat man mit dem Bohrrohr die gesuchte, genügend durchlässige und wasserhaltige Schicht durchfahren, so wird in dieselbe das Saugrohr mit dem durchlochten und in der Regel mit Tressengewebe umgebenen Sauger (s. o.), dessen Länge gleich der Mächtigkeit des Grundwasserträgers gewählt wird, eingeführt und das Bohrrohr

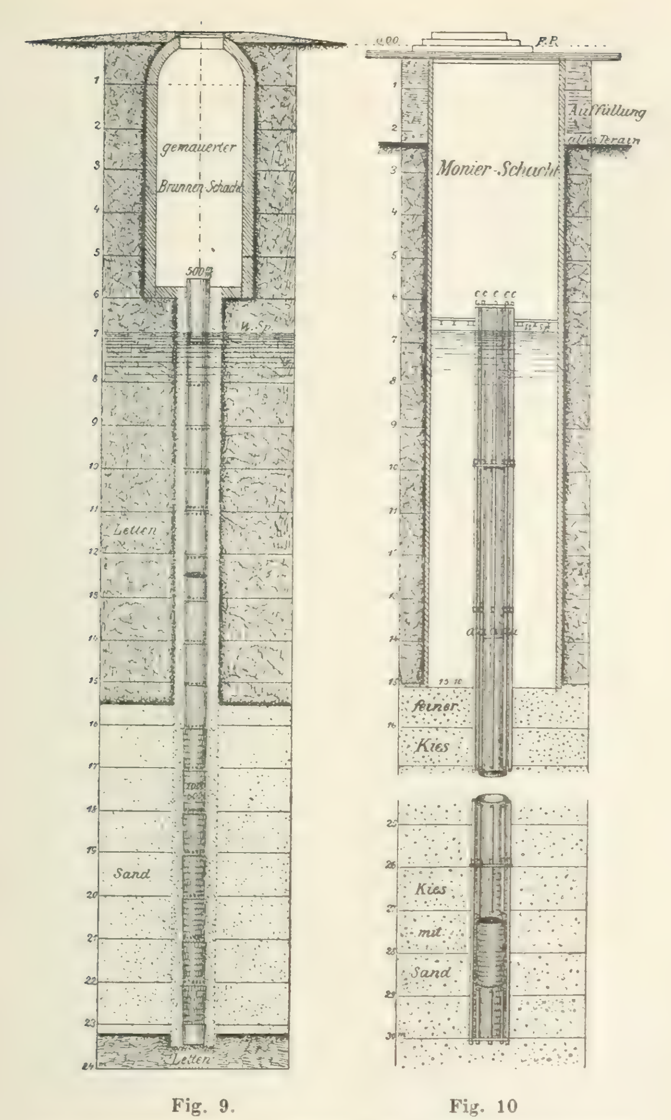



Fig. 9. Fig. 10

**Rohrbrunnen in Speyer. Brunnen der pfälzischen Eisenbahnen.**

ganz oder so weit herausgezogen, daß der Sauger von demselben frei wird und das Grundwasser ungehindert in den ersteren eintreten kann. Statt des Tressengewebes wird der Sauger auch mit einem mittels besonderer Rohrschablonen geordneten Kiesfilter umgeben.

Da in thonigem Kalk und eisenhaltigem Wasser das Tressengewebe sich bald zusetzt und die Ergiebigkeit des Brunnens damit abnimmt, hat man Spülrohre zum Freispülen des Gewebes durch von oben eingeführtes Wasser und das Saugrohr selbst so angeordnet, daß es sich leicht herausnehmen und reinigen läßt. Letzteres ist von besonderer Wichtigkeit.

Ein derartiger Rohrbrunnen ist u. a. von Smreker[18] konstruiert und angewendet.

Man hat sehr oft die Beobachtung gemacht, daß Grundwasserfassungen im Beginne ihres Betriebes sehr reichliche, mit der Dauer desselben aber abnehmende Wassermengen ergeben, und in manchen Fällen als Ursache verminderte Ergiebigkeit des Grundwasserträgers angenommen, während als solche häufig allein verminderte Aufnahmefähigkeit der Fassungsanlage gewirkt hat. Eine Kontrolle der letzteren und eine dementsprechende Einrichtung derselben ist daher erforderlich. Auch kommt es vor, daß die Ergiebigkeit einer Grundwasserfassung sich vermindert, weil der Saugapparat an irgend einer Stelle undicht geworden ist und das Vakuum dadurch beeinträchtigt wird. Es ist daher namentlich bei einer aus mehreren Rohrbrunnen zusammengesetzten Grundwasserfassung unerläßlich, daß jeder einzelne Rohrbrunnen an seiner Verbindung mit dem Saugrohr abschließbar, durch einen besteigbaren Schacht zugänglich, herausziehbar und außerdem mit einer Vorrichtung versehen ist, welche gestattet, den Betrag des Vakuums jederzeit während des Betriebes messen zu können.

Jeder definitiven Herstellung eines größeren Rohrbrunnens sollte eine Probebohrung vorausgehen, um die Gewißheit zu erlangen, daß der Brunnen an der beabsichtigten Stelle ausführbar ist, und um eine genaue Kenntnis der vorhandenen Bodenschichten zu erlangen. Es sind die Bohrproben geordnet aufzubewahren, auch ist ein Bohrjournal über alle Vorkommnisse bei der Bohrung zu führen. Durch senkrechte Uebereinanderstellung der einzelnen Bohrproben erhält man das sogenannte Bodenprofil.

Die Kuppelung mehrerer oder einer großen Anzahl von Rohrbrunnen zur Aufnahme eines Grundwasserstromes geschieht in der Regel in der Weise, daß ein gemeinschaftliches Saugrohr senkrecht zur Stromrichtung des Grundwassers verlegt, und daß die einzelneu längs des Saugrohres abgesenkten Rohrbrunnen durch Abzweigröhren mit denselben verbunden werden. Thiem[12] hat Kuppelungen von Rohrbrunnen in der Weise ausgeführt und untersucht, daß ein Kreis von 24, bez. 12 je 100 mm weiten Rohrbrunnen mit dem im Mittelpunkte des Kreises angebrachten, als cylindrischer Kasten gestalteten Endstück des Hauptsaugerohres verbunden wurden; er nennt diese Anordnung Ringbrunnen und ersetzt durch dieselbe einen Schachtbrunnen vom Durchmesser des Kreises, welchen die Einzelröhren einschließen.

## Artesische Brunnen.

Eine besondere Art der Rohrbrunnen bilden die artesischen Brunnen.

Während bei Rohrbrunnen, wenn der Grundwasserspiegel in ungestörtem Gleichgewichte unter Terrain liegt, eine künstliche Hebung mittels Pumpwerkes einzurichten ist, fließt bei einem artesischen Brunnen infolge natürlichen Druckes im Grundwasserträger das Wasser über Terrain frei aus. Die Spannung in der wasserhaltigen Schicht kann nur dadurch entstehen, daß dieselbe von einer undurchlässigen Bodenschicht bedeckt und durch dieselbe abgeschlossen ist, sodaß bei der

Durchbohrung derselben an einem Punkte das Gesamtgefälle des Grundwasserträgers von seinem höchsten Punkte bis zur Stelle der Bohrung wirksam wird. Bekannte Beispiele von artesischen Brunnen sind die von Grenelle und Passy bei Paris, die ihre Zuflüsse aus demselben ausgedehnten Grundwasserbecken erhalten und daher in ihrer Ergiebigkeit voneinander abhängig sind. In der ungarischen Tiefebene (Alföd) wendet man gleichfalls häufig artesische Brunnen an (vergl. Fodor, dies. Handb. Bd. I).

Die Leistungsfähigkeit der artesischen Brunnen von Konstanz ist durch Lueger[11] einer genaueren Beobachtung unterzogen. Im allgemeinen ist das durch artesische Brunnen für Zwecke der Wasserversorgung zu gewinnende Wasserquantum kein erhebliches.

### 3. Gewinnung von Oberflächenwasser aus Flüssen und Seen.

Zur Wassergewinnung aus Flüssen und Seen, welche sich bezüglich ihrer Lage, Ausdehnung und Tiefe genau übersehen lassen, genügen in den meisten Fällen einfache Vorkehrungen. In der Regel handelt es sich nur um Herstellung einer Schöpfmündung am Ufer des Gewässers (Fig. 11).

Bei der Wahl der Stelle für dieselbe ist zu beachten, daß daselbst keine Schlammablagerungen stattfinden und daß oberhalb oder in der Nähe derselben in den Fluß oder See verunreinigte Zuflüsse nicht eingeleitet werden. Man wählt daher die Schöpfstelle möglichst oberhalb des zu versorgenden Ortes an einer Stelle, wo das Ufer fest, der Grund rein und das Wasser möglichst tief ist. Die Schöpfmündung gestaltet sich in der Regel so, daß eine in den Fluß oder See etwas vorgeschobene Ufermauer mit einer durch ein Gitter geschlossenen Einlaßöffnung aufgeführt, hinter derselben ein Schacht, eine sogen. Saugekammer angelegt und mit einer doppelten Querwand aus Drahtsieben, welche herausnehmbar sind, versehen wird. Die Drahtsiebe dienen dazu, gröbere Schwimm- und Schwebestoffe abzuhalten; sie müssen von Zeit zu Zeit von ihren Anhängen befreit werden (Fig. 11).

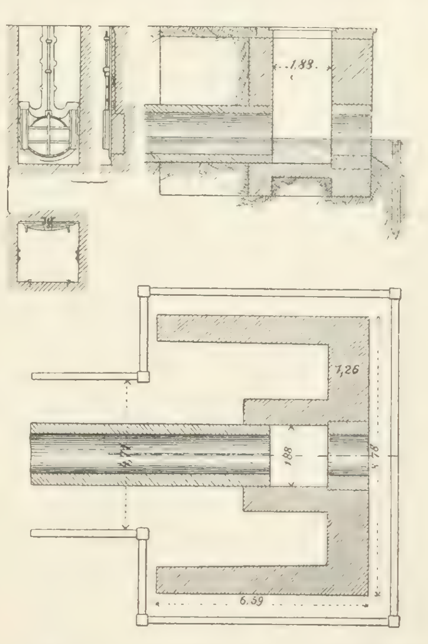



Fig. 11. Schöpfmündung an der Elbe für die Stadt Magdeburg.

Aus der Saugekammer hinter den Sieben wird das Wasser durch das Saugerohr entnommen. Man vertieft vor der Ufermauer, wenn erforderlich, durch Ausbaggerung den Wasserstand oder führt bei der Entnahme aus einem See, um aus dem Vorlande in größere Wassertiefe zu gelangen, vom Ufer aus einen Kanal in den See hinein bis in das tiefere Wasser.

Diese Zuführung aus Holz herzustellen, wie bei den neuen Müggelseewerken der Stadt Berlin geschehen, erscheint aus hygienischen Gründen nicht zu empfehlen, weil Holz der Verwitterung unterliegt und der mikroskopischen Vegetation als Anhalt und Nährboden dient, also zur Vermehrung der im Oberflächenwasser ohnedies zahlreich vorhandenen Mikroorganismen beiträgt.

Die Wasserentnahme für die Stadt Genf ist nach und nach 400 m weit in den Genfer See hinausgeschoben. Die Leitung besteht zum Teil aus Holz, zum Teil aus Guß- und Schmiedeeisen. Das Einlaßsieb befindet sich 1,5 m unter dem Wasserspiegel.

In Zürich ist das Seewasserrohr auf Pfahljochen 326 m weit in den See hinausgeführt. Die Entnahme erfolgt mittels eines eingehängten Siebkastens mit trompetenförmigem Mundstück in 14 m Wassertiefe und 3 m über dem Seegrund [13].

In Chigaco ist die Entnahmestelle vom Ufer des Michigan-Sees infolge von Verunreinigung des Sees durch die Abwässer der Stadt mittels eines 12 m unter dem aus festem Thon bestehenden Seeboden bergmännisch ausgeführten Stollens 3 Kilometer weit in den See hinaus verlegt. Am Endpunkt des Stollens ist ein gußeiserner Schacht mittels Baggerung versenkt, der das Wasser aufnimmt.

## 4. Wassergewinnung mittels Talsperren.

Muß die Wasserentnahme aus einem kleineren fließenden Gewässer stattfinden, welches im Winter und Frühjahr regelmäßig genügenden, bez. überschüssigen, im Sommer jedoch zur Zeit des gesteigerten Wasserbedarfes unzulänglichen Wasservorrat führt, so ist man genötigt, an geeigneter Stelle des Wasserlaufes ein Stauwerk, eine Talsperre anzulegen, welche durch Anstauung eines Wasservorrats oberhalb derselben die Befriedigung des Wasserbedürfnisses während der trockenen Jahreszeit sichert.

Die Anlegung von Talsperren gehört wegen der Gefahr des Durchbruches der aufgestauten Wassermenge zu den schwierigsten und verantwortlichsten Aufgaben des Ingenieurs und erfordert in besonders hohem Maße die Vorsicht und Gewissenhaftigkeit der erbauenden wie der überwachenden Techniker. Eine ganze Anzahl von Talsperren sind aus Ursache der verschiedensten Mängel in der Konstruktion und Ausführung gebrochen, und große Verheerungen sind durch die abstürzenden Wassermengen angerichtet worden.

Als Beispiele solcher Brüche sind zu nennen: Bruch der Wasserbehälter in Montreux, (Schweiz [14]), der Talsperre in Johnstown, (Pennsylvanien [15]), der Reservoir-Dammbruch bei Fiskville in Rhode-Island [16].

Die Arbeiten des Ingenieurs betreffen ebensowohl vorhergehende jahrelange und genaue Messungen der abfließenden und der Niederschlagswassermengen, als statische Berechnung der Konstruktionen und sorgfältigste Bauausführung unter Berücksichtigung der Temperaturwechsel und klimatischen Einflüsse.

Was die hygienischen Rücksichten bei Errichtung eines derartigen Sammelbeckens anlangt, so ist darauf zu sehen, daß oberhalb desselben menschliche Ansiedlungen, deren Abwässer in das Sammelwasser gelangen könnten, nicht vorhanden sind, daß das umliegende Terrain wenn möglich bewaldet, die Uferwände steil, der Untergrund

kiesig oder kalkig und die Wassertiefe nicht zu gering ist, damit das an der Sohle durch ein verschließbares Ablaßrohr zu entnehmende Wasser eine niedrige Temperatur hat.

Verunreinigende Zuflüsse sind abzuhalten, schädliche Hochwasser abzuleiten, auch sind die Verunreinigungen und Beschädigungen, die durch Wellen hervorgebracht werden können, zu berücksichtigen.

Es bestehen derartige Talsperren bereits seit Jahrhunderten und sind in neuerer Zeit deren aus Mauerwerk sowohl wie aus Erdschüttung im großartigsten Maßstabe errichtet, so bei Verviers die Gileppe-Thalsperre, die zur Wasserversorgung von St. Francisco in Kalifornien erbaute Crystall-Springs-Thalsperre von 51,85 m Höhe, ferner die Staumauer von Villar für Madrid mit 51,4 m Höhe, die Virnwy-Thalsperre für die Stadt Liverpool mit 41,45 m Höhe etc.

Näheres über Talsperren findet man in Lueger's Wasserversorgung der Städte [11] und bei Olshausen [17]. Weniger hervorragend durch seine Größenverhältnisse als durch die musterhaft durchdachte Rechnung und Konstruktion, sowie sorgfältige Ausführung ist die von Intze [18] errichtete Talsperre zur Wasserversorgung der Stadt Remscheid, siehe die Fig. 12 auf S. 452. Auch Chemnitz besitzt eine Talsperre und für Marienbad (Böhmen) ist eine solche in der Ausführung begriffen. Von besonderem Interesse sind die bei Constantinopel gelegenen Talsperren, Bends genannt, welche die Stadt bereits seit mehreren Jahrhunderten mit Wasser versorgen. Neu erbaut ist der mächtige Bend von Skutari (Constantinopel).

In den meisten Fällen dienen die Thalsperre-Wasservorräte außer zur bürgerlichen Wasserversorgung von Städten gleichzeitig auch zur Versorgung von landwirtschaftlichen und gewerblichen Betrieben.

### 5. Kombination verschiedener Fassungsarten.

Es ist nicht immer möglich, die zur Wasserversorgung eines Ortes erforderliche Wassermenge an einer Stelle und auf eine Art zu gewinnen. In solcher Lage wird es nötig, zwei oder mehrere Wasserentnahmeorte aufzusuchen und nutzbar zu machen und beide Wasserzuflüsse zu gleichem Zweck zu vereinigen oder jedem einen Teil des Versorgungsgebietes zuzuweisen. Letzteres ist zweckmäßig, wenn die Teile des letzteren so verschiedene Höhenlagen besitzen, daß bei einer einheitlichen Verteilungsanlage entweder die untere Zone einen sehr hohen oder die hochgelegene einen unzulänglichen Druck erhalten würden. Bei großen Städten bedingt deren Ausdehnung die Zuführung des Wassers von mehreren Seiten, weil die Zuführung von einer Stelle zu übergroßen Abmessungen der Hauptröhren führen und die gleichmäßige Verteilung des Druckes auf alle Teile des Stadtgebietes zu sehr erschweren würde.

London besitzt 7 voneinander getrennte Wasserversorgungen, welche ihr Wasser aus der Themse, dem Lea und aus Brunnen entnehmen, Paris wird durch 5 Zuleitungen, Berlin von 2 Seiten aus dem Tegeler See im Havelgebiet und aus dem Müggelsee im Spreegebiet und mittels eines einheitlichen Rohrnetzes versorgt. Wien ergänzt die Unzulänglichkeit seiner Hochquellenleitung durch ein Grundwasserschöpfwerk bei Pottschach und plant die Ausführung einer Tiefquellenleitung, welche das Grundwasser des Steinfeldes bei Wiener-Neustadt dienstbar macht.

Fig. 12. Profil der Thalsperre zur Wasserversorgung der Stadt Remscheid.

Vorbedingungen einer derartigen Vereinigung mehrerer Bezugsquellen ist die Gleichwertigkeit derselben im hygienischen Sinne und eine Beschaffenheit des Wassers aller Zuleitungen, welche den an Trinkwasser zu stellenden Anforderungen der Hygiene genügt.

Zu verwerfen ist dagegen eine Kombination der Wasserversorgung aus Trinkwasser und sogenanntem Brauchwasser, welche in getrennten Leitungen den Häusern zugeführt werden, weil es namentlich in größeren Städten zu verhüten unmöglich ist, daß das Brauchwasser als Trinkwasser benutzt wird.

Mitunter erfordert die Ausdehnung eines Versorgungsgebietes die Erschließung neuer Bezugsquellen und die Vereinigung derselben mit den bereits vorhandenen Verteilungsanlagen. Für große Städte empfiehlt es sich zur Sicherung der ungestörten Wasserversorgung, diese nicht auf eine einzige Fassungsanlage zu gründen, vielmehr mehrere und voneinander unabhängige Bezugsquellen nutzbar zu machen, weil nicht selten Störungen der Wassergewinnung eintreten, welche das Verlassen einer Schöpfstelle notwendig machen und, wenn es die einzige ist, die gesamte Wasserversorgung des Ortes in Gefahr bringen.

Ein Beispiel dieser Art bietet zur Zeit Magdeburg, welches Wasser allein aus der Elbe entnimmt, deren Wasser gegenwärtig durch die salzhaltigen Zuflüsse aus der Mansfelder Gewerkschaft so stark verunreinigt wird, daß es für die Wasserversorgung von Magdeburg nicht brauchbar erscheint.

London war in der Mitte der 50er Jahre genötigt, seine Schöpfstellen an der Themse wegen der stark vorgeschrittenen Verunreinigung derselben aufzugeben und zu verlegen. Leipzig mußte 1881 wegen des Eisengehaltes seines Grundwassers neue Bezugsquellen aufsuchen. Hamburg hat 1892 die Schöpfstelle der Elbe stromaufwärts verlegt, Berlin 1883 die Tegeler Brunnen, 1893 das Schöpfwerk an der Oberspree aufgegeben etc.

1) **Otto Lueger**, *Die Wasserversorgung der Städte*, 3. *Heft*, *Stuttgart* 1892.
2) **E Hlavazek**, *Karlsbad in geschichtlicher, medizinischer und topographischer Beziehung*, *Karlsbald* 1874.
3) **Gruner** *u.* **Thiem**, *Vorprojekt zu einer Wasserversorgung von Strafsburg*, *Strafsburg* 1875.
4) **A. Thiem**, *Die Wasserversorgung von Leipzig*, *Leipzig* 1880.
5) **A. Thiem**, *Wasserversorgung der Stadt Riga*, *München* 1883.
6) **A. Thiem**, *Bericht über die hydrologische Untersuchung der Umgebung von Gera*, *München* 1884; *desgl. der Umgegend von Naunhof*, *München* 1881.
7) **O. Lueger**, *Theorie der Bewegung des Grundwassers in den Alluvionen der Flufsgebiete*, *Stuttgart* 1883.
8) *Nach privaten Mitteilungen des Herrn Baurat* **A. Herzberg** *in Berlin.*
9) **Veitmeyer**, *Voruntersuchungen über die künftige Wasserversorgung von Berlin*, *Berlin* 1871.
10) **O. Lueger**, *Die Wasserversorgung der Städte*, 2. *Heft* (1892).
11) **O. Lueger**, *Ebendaselbst* 3. *Heft* (1892).
12) **A. Thiem**, *Bau und Betrieb einer neuen Brunnenform*, *Journal für Gasbel. u. Wasserversorgung* (1885).
13) *Jahresberichte über die Wasserversorgung der Stadt Zürich* 1885, 1886, 1887, 1888.
14) *Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* (1889) 1. *Heft.*
15) *Centralblatt der Bauverwaltung* (1889) 267.
16) *The Engeneering and Building Record* (1889) 184.
17) **Olshausen**, *Die Fortschr. d. öffentl. Gesundheitspfl.* 4. *Jahrg. No.* 7 *und* 8 (1895).
18) *Verhandlungen des deutschen Vereins der Gas- und Wasserfachmänner aus dem Jahr* 1893 *S.* 167, *München.*
19) *Der Woltmann'sche Flügel, der mehrfache Veränderungen und Verbesserungen erfahren hat, besteht in seinen Hauptteilen aus einer horizontalen Welle mit 2 bis 5 Flügeln, welche dnrch den Stofs des fliefsenden Wassers in Umdrehung versetzt werden und einem Zählwerke, an welchem die Zahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit abgelassen wird. Aus der feststehenden Beziehung der Anzahl der Umdrehungen in der Zeiteinheit zur Wassergeschwindigkeit bestimmt man die letztere.*

IV. Kapitel.

## Wahl des Wasserbezugsortes.

Bei der Wahl eines Wasserbezugsortes kommen, wie bereits im Eingange des Abschnittes über die Wassergewinnung (S. 435) bemerkt, in erster Linie die Anforderungen der Hygiene in Betracht. Es kann heute nicht mehr zweifelhaft sein, daß ausnahmslos die chemische und bakteriologische Prüfung des Wassers entscheiden muß, ob dasselbe für die Hauswasserversorgung zulässig ist oder nicht, und zwar wird hierzu niemals eine einmalige Untersuchung ausreichen, vielmehr wird man in allen Fällen zur Einrichtung einer fortlaufenden Kontrolle der Beschaffenheit des Wassers schreiten müssen. Diese ist unerläßlich, wenn Oberflächenwasser verwendet wird, welches im natürlichen Zustande stets verunreinigt ist und durch Filtration erst gereinigt und verwendbar gemacht werden soll. Hier muß durch die in kurzen Zeiträumen vorzunehmenden Prüfungen des Wassers der Gang und die Wirkung des Reinigungsverfahrens überwacht und beeinflußt werden. Aber auch Quellen und Grundwasserströme können unter Umständen eine Verunreinigung erleiden. Es empfiehlt sich daher, auch für diese in regelmäßigen Zeiträumen wiederkehrende Untersuchungen des geförderten Wassers vorzunehmen.

Immerhin ist *ein verunreinigter Zustand von Quellen und tiefer liegenden Grundwasserströmungen ein Ausnahmefall.* Diese Bezugsquellen stehen daher in hygienischer Beziehung voran. Sie haben sich zuweilen unzuverlässig bezüglich ihrer Ergiebigkeit gezeigt, und aus diesem Grunde ist die Wasserentnahme aus Flüssen und Seen, welche meistens ein überreiches Quantum darbieten, bevorzugt worden. Es ist aber zu berücksichtigen, daß die Anlage von Grundwasserwerken häufig ohne hinreichende Kenntnis der Grundwasserträger an ungeeigneten Stellen ausgeführt worden ist, und daß solche Unternehmungen aus diesem Grunde zu Enttäuschungen führen mußten. In manchen Fällen werden auch, wie bereits bemerkt, Mängel der Fassungsanlage, Verstopfung der Brunnen, Defekte der Saugeleitung an der abnehmenden Ergiebigkeit der Grundwasserfassung schuld sein. Da das Grundwasser keimfrei und ohne Verunreinigung zu gewinnen ist, so kommt demselben bei der Wahl des Bezugsortes ohne Zweifel die hervorragendste Beachtung zu. Die Vorzüge desselben rechtfertigen die eingehenden Vorarbeiten und Untersuchungen zur Bestimmung der vorhandenen Grundwassermengen, welche in allen Fällen vor der Entscheidung der Wahl des Wasserbezugsortes anzustellen sind. Das ohne weitere Untersuchung in genügender Menge sich darbietende Oberflächenwasser hat dagegen den Mangel, daß es im natürlichen Zustand stets verunreinigt ist und erst durch sorgfältigste Filtration in einen hygienisch zulässigen Zustand gebracht werden kann. Die Schwierigkeiten des Prozesses der Filtration, die Zufälligkeiten und Störungen, denen derselbe unterworfen, auf der anderen Seite die mit der Erkenntnis der wahren Ursachen der Infektionskrankheiten und der Rolle, welche nicht genügend gereinigtes Wasser dabei spielt, wachsenden Anforderungen der wissenschaftlichen Hygiene

an die Beschaffenheit des filtrierten Wassers scheinen in der Gegenwart dahin zu führen, von der Wahl des Oberflächenwassers, wo irgend möglich, gänzlich Abstand zu nehmen.

Der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege hat sich mit der hochwichtigen Frage der Wahl der Wasserbezugsorte wiederholt beschäftigt. — In seiner Versammlung zu Danzig 1874 faßte derselbe folgende Resolution:

„Für Anlagen von Wasserversorgungen sind in erster Linie geeignete, natürliche oder künstlich erschlossene Quellen in Aussicht zu nehmen, und es erscheint nicht eher zulässig, sich mit minder gutem Wasser zu begnügen, bis die Erstellung einer Quellwasserleitung als unmöglich nachgewiesen ist."

Der Inhalt dieser Resolution wurde von mehreren Seiten angefochten. Zwei Jahre später bei der Versammlung zu Düsseldorf 1876 kam dasselbe Thema zur Verhandlung. — Es lauteten hier die nach sehr lebhafter und erregter Debatte von der Versammlung mit sehr geringer Majorität gefaßten bezüglichen Resolutionen:

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

„5. Quellwasser, Grundwasser, filtriertes Flußwasser vermögen die gestellte Aufgabe zu erfüllen; welche Art von Wasserversorgung im einzelnen Falle den Vorzug verdient, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab.

Unter sonst gleichen Qualitäts- und Quantitätsverhältnissen ist dem Wasser der Vorzug zu geben, welches

a) durch Sicherheit und Einfachheit der Anlage die größte Garantie für den ungestörten Bezug bietet,

b) den geringsten Aufwand an Anlage und kapitalisierten Betriebskosten erheischt."

Der in der älteren Resolution sehr bestimmt und ausschließlich zum Ausdruck gekommene hygienische Gesichtspunkt erscheint in den späteren Beschlüssen erheblich zurückgedrängt. Nachdem aber in neuerer Zeit das Oberflächenwasser mit zunehmender Sicherheit als Träger pathogener Keime erkannt und durch die auf Koch's Veranlassung von Fränkel und Piefke[1] unternommenen Untersuchungen festgestellt ist, daß Typhuskeime auch bei sehr langsamer Filtration die Filtersandschicht durchdringen, je mehr ferner bekannt wird, wie leicht der Filtrationsprozeß durch unabwendbare Einflüsse, z. B. durch Frost[2] oder durch mangelnde Sorgfalt bei der Bedienung gestört bez. ungünstig beeinflußt werden kann und wie damit die Verantwortlichkeit der leitenden Techniker wächst, machen sich bezüglich der Wahl der Versorgungsart wieder Anschauungen geltend, welche dem älteren Beschlusse des Vereins für öffentliche Gesundspflege, wenigstens dem Sinne desselben, näher stehen.

Man darf behaupten, daß als oberster Gesichtspunkt heute die Anforderung gilt, daß das zu gewinnende Wasser von Natur rein und keimfrei sein soll, und daß man erst dann unternehmen soll, im natürlichen Zustande unreines Wasser zu gewinnen und durch künstliche Reinigung in einen hygienisch brauchbaren Zustand zu versetzen, wenn keine andere Wahl bleibt die ausreichende Wassermenge zu sichern.

Da die beste Gewähr der Keimfreiheit und des geringsten Gehaltes an organischer Substanz überhaupt das durch Rohrbrunnen gewonnene Grundwasser aus nicht zu flachen Schichten darbietet, so wird dieser Art der Wassergewinnung vor anderen der Vorzng einzuräumen sein.

Nach Thiem[2] sind gegenwärtig die mit moderner Wasserversorgung versehenen deutschen Städte von mehr als 15 000 Einwohnern ihrer Seelenzahl nach mit Quell-, Fluß- und Grundwasser im angenäherten Verhältnis von bez. 1 : 2 : 4 versorgt, sodaß auf 1000 Einwohner, die Quellwasser beziehen, deren 2000 entfallen, welche mit Flußwasser, und deren 4000, welche mit Grundwasser versorgt sind.

1) **C. Fränkel** *und* **C. Piefke**, *Z. f. Hygiene* (1890) 8. *Bd. Ferner*: *D. Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspfl.* 13. *Bd.* 38 *und* **Piefke**, *Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung*, *Jahrg.* 1891, 207.

2) **Thiem**, *Journ. f. Gasbel. u. Wasserversorgung*, *Jahrg.* 1885.

V. Kapitel.

# Künstliche Reinigung des gewonnenen Wassers.

Das Quellwasser bedarf in der Regel keiner, das Grundwasser in manchen Fällen, das Oberflächenwasser stets der künstlichen Reinigung vor seiner Verwendung. Warum diese künstliche Reinigung beim Oberflächenwasser stets, niemals beim Quellwasser, bisweilen beim Grundwasser zu geschehen hat, wird im folgenden und in dem Abschnitte über die Bakteriologie des Wassers auseinandergesetzt. An dieser Stelle dagegen sollen die Methoden der Trinkwasserreinigung besprochen werden.

## 1. Reinigung des Grundwassers (Enteisenung).

Das Grundwasser enthält zuweilen, namentlich wenn es aus tieferen, von der Luft abgeschlossenen Schichten des Alluviums oder Diluviums geschöpft ist, als verunreinigende Stoffe Schwefelwasserstoff und Eisen. Letzteres findet sich als kohlensaures oder phosphorsaures Eisenoxydul im Grundwasser und wird hier durch die gleichzeitig vorhandene Kohlensäure in Lösung erhalten. Solches Wasser ist, frisch gefördert, vollständig klar und erscheint rein. An der Luft verliert es schnell und ohne weiteres Zuthun den Schwefelwasserstoff, das Eisen dagegen oxydiert sich durch den Sauerstoff der Luft erst allmählich zu Eisenoxyd. Das unlösliche Eisenoxyd trübt das Wasser und setzt sich als brauner Niederschlag von Eisenoxydhydrat ab. Diese Verunreinigung des Wassers ist zwar hygienisch als unbedenklich erkannt, macht das Wasser aber unappetitlich und zu manchen Verwendungsarten, z. B. zur Wäsche, ungeeignet. Der Vorgang der Entstehung der Eisenlösung im Grundwasser ist zuerst von Hofmann[1] bei der Wassergewinnung in der Pleißeniederung bei Leipzig beobachtet und erklärt worden[5].

Die Verunreinigung des Wassers durch Eisen hat in Leipzig wie in anderen Städten lange Zeit störend auf die Wasserversorgung eingewirkt. In Berlin z. B. führten die mit dem Eisengehalt des Tegeler Brunnenwassers, zu dem hier das Auftreten der Eisenalge Crenothrix polyspora hinzukam, verbundenen Uebelstände zum Verlassen der Tegeler Brunnen

und leider auch zu dem grundsätzlichen Aufgeben der Grundwasserentnahme überhaupt. Die Untersuchungen, die aus Veranlassung der Tegeler Brunnenwasser-Kalamität angestellt wurden, haben zur Zeit derselben eine umfängliche Litteratur hervorgerufen [3]. DasEndergebnis der Untersuchungen war, daß eisenfreies Brunnenwasser für Berlin nicht zu erlangen sei.

Es ist daher natürlich, daß mehrseitige Bestrebungen gemacht worden sind das Grundwasser in frisch gefördertem Zustande durch ein einfaches und billiges Verfahren von seinem Eisengehalt zu befreien, bevor es zur Verteilung gelangt. Gelöst ist diese Aufgabe zuerst durch die im Jahre 1888—89 von Oesten und Proskauer angestellten Versuche [2]. Das durch diese Ermittelungen festgestellte Verfahren der Enteisenung besteht in einer energischen Durchlüftung des geförderten Brunnenwassers, welche die beschleunigte Oxydation und Ausfällung des Eisens als unlösliches Eisenoxyd bewirkt, und einer unmittelbar daran schließenden Filtration des oxydierten Wassers durch ein Kiesfilter. Das durch Pumpen gehobene Wasser wird zu diesem Zweck in einen feinen Regen aufgelöst, welcher 2 m hoch auf den Wasserspiegel des Filterbehälters herunterfällt. Durch die innige Berührung der Regentropfen mit der Luft und das Zerschlagen und Zerstäuben derselben auf der Wasserfläche wird die Mischung des Sauerstoffes der atmosphärischen Luft mit dem Wasser bewirkt und die Oxydation des Eisens eingeleitet. Dasselbe beginnt sich in kleinen Flocken niederzuschlagen, welche beim Durchgang des Wassers durch das Kiesfilter von 15 bis 30 cm Höhe an den Kieskörnern haften bleiben. Die zulässige Filtergeschwindigkeit beträgt 100 cm in der Stunde; das aus dem Kiesfilter abfließende Wasser ist eisenfrei und trübt sich beim Stehen an der Luft nicht mehr [4]. Da sich durch die Ablagerung der Eisenflocken auf und in dem Kiesfilter die Durchlässigkeit desselben mit der Dauer des Gebrauchs vermindert, muß nach einer längeren Betriebsperiode eine Reinigung des Kiesfilters stattfinden. Dieselbe wird in einfacher Weise bewirkt, indem der Reinwasserabfluß geschlossen, ein oberhalb der Filterschicht angebrachter Abfluß bez. der Grundablaß des Filterbehälters geöffnet und unter Umwenden der Filtermasse mittels geeigneter Werkzeuge dieselbe durch das von unten nach oben durch das Filter geleitete Wasser abgespült und der Eisenniederschlag mit diesem in die Abflußleitung fortgeführt wird. Es ist hierbei nicht erforderlich und auch nicht erwünscht, daß sämtlicher Eisenansatz von den Kieskörnern entfernt werde, da dieser selbst vermöge seiner Adhäsionskraft auf die sich bildenden Eisenflocken einen sehr wirksamen Bestandteil der Filtermasse bildet. Eine Enteisenungsanlage nach diesem Prinzip stellt Fig. 13 S. 458 dar.

Eine Modifikation des von dem Verfasser angegebenem Enteisenungsverfahrens ist durch Piefke ausgeführt. Dieselbe besteht darin, daß statt des freien Regenfalles die Rieselung des Wassers über Kokshaufen, die in eiserne oder gemauerte Gehäuse gefaßt sind, gesetzt ist, und daß nach der Rieselung das Wasser durch ein feines Sandfilter geleitet wird. Die Wirkung ist die gleiche, die Anlage weniger einfach und mit größeren Kosten verbunden. Die Kokstürme, welche nach längerem Gebrauch durch stärkere Spülung von oben gereinigt werden sollen, dürften hygienisch insofern nicht ganz unbedenklich sein, als sie

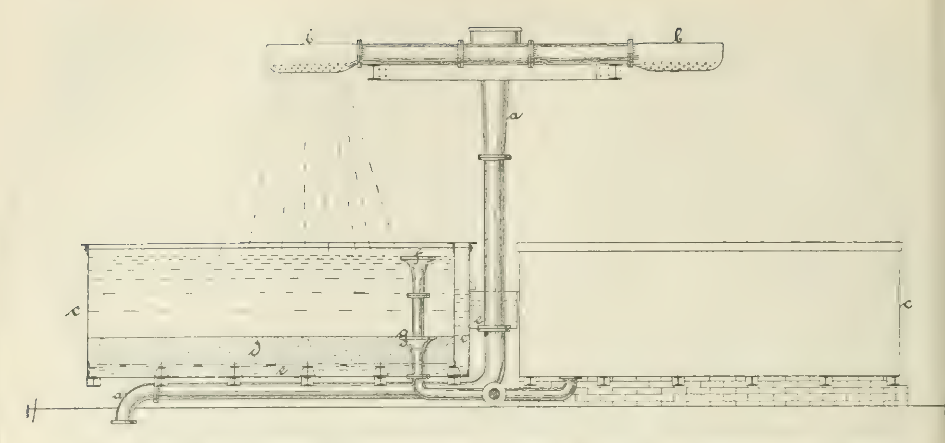



Fig. 13. Grundwasser-Enteisenungsanlage System Oesten. *a* Grundwasserzuführungsrohr, *b* Regenbrausen, *c* Filterbehälter, *d* Kiesschicht, *e* Reinwasserkammer, *f* Ueberlauf, *g* Schlammentleerung.

Gelegenheit zur Ansiedelung von Pilzkolonien bieten. Die Reinigung des Filters kann nur in der Weise geschehen, daß, wie bei Flußwasserfiltern, die oberste Filtersandschicht abgehoben und entfernt bez. durch besondere Reinigungsvorrichtung gewaschen wird. Enteisenungsanstalten dieser Art sind bei den Charlottenburger Wasserwerken am Teufelssee und am Wannsee, sowie in Friedrichsberg-Lichtenberg bei Berlin in Betrieb. Enteisenungsanlagen nach Oesten sind auch für kleinere Betriebe, wie für einzelne Häuser und Häuserblocks ausführbar und ausgeführt.

1) **Franz Hofmann**, *Die Wasserversorgung zu Leipzig, Gutachten dem Rat der Stadt Leipzig vorgelegt, Leipzig* 1877.

2) **G. Oesten**, *Ausscheidung des Eisens aus eisenhaltigem Grundwasser, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* 24. *Bd.* (1890) 1343.

3) *Bericht über die chem. und mikroskopischen Untersuchungen der Wässer der Tegeler Anlage etc. von Dr.* **Carl Bischoff**, *Berlin* 1879; *Bericht des Professor Dr* **O. Brefeld** *und des Dr.* **W. Zopf** *über die von ihnen ausgeführten Untersuchungen des Tegeler Wassers, Berlin* 1879; *Nachtrag hierzu von Dr.* **W. Zopf**, *Entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über Crenothrix polyspora, die Ursache der Berliner Wasserkalamität von Dr.* **W. Zopf**, *Berlin* 1879; *Zusammenstellungen der Resultate der im Laboratorium des Kaiserl. Gesundheitsamts vorgenommenen Untersuchungen des Tegeler Wassers, Berlin* 1879; *Bericht über die Untersuchungen von filtriertem Tegeler Wasser von Dr.* **W. Zopf**, *Berlin* 1881; *Bericht über die Untersuchung des Tegeler Wassers, erstattet von der Direktion der städtischen Wasserwerke, Berlin* 1881; *Bericht über die Untersuchungen des Tegeler Wassers von Prof.* **Finkener**, *Berlin* 1881; *Bericht über Untersuchungen filtrierten Brunnen- und Seewassers der Tegeler Station etc. von Dr.* **C. Bischoff**, *Berlin* 1881; *Bericht des Subdirektors* **Oesten** *und Auslassung des Direktors* **Gill**, *betreffend die Anlegung von Filtern auf den Tegeler Wasserwerken, Berlin* 1881; *Bericht des Betriebsingenieurs* **Piefke** *über die Fortführung von Versuchen behufs Gewinnung eines reinen Brunnenwassers. Gutachten des Prof.* **Finkener** *über das Ergebnis der vier Versuchsstationen an den Müggelbergen bei Köpenick zur Gewinnung eines als Leitungswasser brauchbaren Grundwassers, Berlin* 1886.

4) **Proskauer**, *Zeitschr. f. Hyg.* 9. *Bd.* (1890) 148.

5) **Fischer**, *Zeitschr. f. Hyg u. Infekt.* 13. *Bd.* (1893); **Rosenboom**, *Journ. f. Gasbel.* (1893).

## 2. Reinigung des Oberflächenwassers.

Unter Reinigung des Oberflächenwassers ist nicht nur die Ausscheidung der gröberen und der fein verteilten Schmutzstoffe und

Organismen, welche dasselbe enthält, zu verstehen, sondern namentlich auch die Entfernung der zahlreichen Bakterien, die in jedem Oberflächenwasser enthalten sind. (Vgl. Kapitel IX und die letzten Abschnitte dieses Bandes über die Bakteriologie des Wassers.

Wenn man Wasser destilliert, so bewirkt man eine vollständige Trennung desselben von allen in ihm enthaltenen nichtflüchtigen Stoffen; durch Kochen des Wassers kann man alle Mikroorganismen und deren Keime in demselben töten, dasselbe sterilisieren, ebenso läßt sich durch Behandlung mit Chemikalien[6] eine Sterilisierung des Wassers erreichen. Diese Methoden eignen sich aber sämtlich nicht für eine Anwendung in größerem Maßstabe und haben daher für die eigentliche centrale Wasserversorgung wenig Bedeutung.

Nur der Vollständigkeit wegen sollen hier einige Vorschläge angeführt werden, welche Reinigung des Wassert auf chemischem Wege bezwecken[5].

V. und A. Babes[1] erhielten in Laboratoriumsversuchen bei Durchschütteln von Wasser mit Alaunpulver keimfreies oder fast keimfreies Wasser, dessen Geschmack durch den Zusatz nicht beeinflußt wird.

Teich[2] erhielt nach diesem Verfahren nur ausnahmsweise keimfreies Wasser. Typhusbacillen werden durch Alaunzusatz nicht mit Sicherheit getötet, während Cholerabacillen zwar allmählich absterben, aber noch nach 24 Stunden lebend angetroffen wurden. Das mit Alaun behandelte Wasser ist sanitär unbedenklich.

M. Traube[3] versetzt das Wasser mit Chlorkalk und nimmt, nachdem die Bakterien abgestorben sind, den Ueberschuß des zugesetzten Reagens durch Natriumsulfit fort. Durch Oxydation entsteht aus dem etwa überschüssigen Sulfit innerhalb 12 bis 14 Stunden unschädliches Sulfat, während der Chlorkalk sich in Verbindungen (Natriumsulfat und Calciumchlorid) umgesetzt hat, welche sich in fast allen Wassern finden. Zur Sterilisierung von 1 Million cbm Wasser würden 85 Centner Chlorkalk und 40 Centner Natriumsulfit gehören. Die Prüfung dieser Methode im großen scheint des Versuches wert. Der Chlorkalk tötete die Bakterien innerhalb 2 Stunden.

Sickenberger[4] tötete die Bakterien des Nilwassers durch unterchlorigsaures Natrium, von welchem er so viel zusetzte, daß im Liter Wasser etwa 2 mg Chlor enthalten sind.

Die Reinigung des Wassers durch Ablagerung[6] genügt allein nicht, ein Flußwasser genügend zu reinigen; sie wird in einigen Fällen als Vorbereitung für die Filtration angewendet.

Das einzige praktisch anwendbare Verfahren, Wasser in größeren Mengen zu reinigen, ist vielmehr die Filtration; das unter den verschiedenen Mitteln hierzu brauchbarste der Sand. Da die Reinigung des Wassers vor der Verteilung desselben stattfinden muß, so ist die centrale Sandfiltration für Fluß- und Seewasserversorgungen unentbehrlich und bei denselben allgemein in Anwendung.

1) **V.** *und* **A. Babes**, *Centralbl. f. Bakt.* 12. *Bd.* 132 (1892).
2) **Teich**, *Arch. f. Hyg.* 10. *Bd.* 62 (1893).
3) **M. Traube**, *Z. f. Hyg. und Infekt.* 16. *Bd.* 149 (1894).
4) **Sickenberger**, *Hyg Rdsch.* (1895) 506 (*Ref.*).
5) *Vergl. auch* **Ferd. Fischer**, *Das Wasser, seine Verwendung u. s. w.* 2. *Aufl.* (1891) 216.
6) **Percy Frankland**, *Centralbl. f. Bakt* 13. *Bd.* (1893) 122.

## Centrale Sandfiltration [6].

Die künstliche Filtration durch Sand ist von England, wo sie zuerst geübt wurde, nach Deutschland gekommen und hier weiter ausgebildet worden. Sie wurde zuerst 1829 von James Simpson in London versucht, 1839 für die Chelsea-Wasserwerke daselbst betriebsmäßig eingeführt. 1855 war in London bereits eine Filterfläche von 150000 qm in Benutzung. Die Größe dieser Fläche stieg 1866 auf 190000 qm, 1876 auf 310000 qm, 1886 auf 420000 qm.

In Deutschland wurde die centrale Sandfiltration 1853 zuerst in Berlin eingerichtet.

Ihr Wesen ist namentlich in den letzten Jahren Gegenstand eingehender Beobachtung der Hygieniker und Techniker gewesen. Man hat die Bedingungen genauer erforscht und festgestellt, unter welchen ihre Handhabung ein für die Wasserversorgung der Städte ausreichend gereinigtes Wasser schaffen kann.

Diese Ermittelungen haben die folgenden Resultate ergeben

### a) Konstruktion der Sandfilter.

Die Konstruktion der Filter, im wesentlichen überall die gleiche, ist im äußeren Bestande sehr verschieden gewählt worden. Es wird, um diese Verschiedenheiten und zugleich die unter Berücksichtigung aller bisherigen Erfahrungen entstandenen neuesten Konstruktionen zu zeigen, genügen, die in Berlin am Müggelsee und die in Hamburg am Ufer der Elbe im Jahre 1893 neuerbauten Filteranlagen kurz zu beschreiben.

Die von Gill [3] gebauten Tegeler und Müggelsee-Filter sind rechtwinklig viereckige, auf einer Sohle von Thonbeton aufgemauerte Behälter mit vertikalen Umfassungswänden von je 3331 bezw. 2200 qm Fläche; sie sind mit Klostergewölben überspannt, das Gewölbe ist mit einer fast 1 m starken Erdschicht bedeckt. Die Speisung jedes Filters wird durch ein Schwimmerventil automatisch bewirkt. Die Gleichmäßigkeit der Leistung pro Quadratmeter Sandfläche und Zeiteinheit ist durch die Anwendung der von Gill erfundenen Reguliervorrichtung (Fig. 16 S. 463) gesichert. Das Filter selbst besteht aus einer Sandschicht von 60 cm Stärke und etwa 1 mm Korngröße; dieselbe ruht auf Kies- und Steinschichten von nach unten zunehmender Größe. Jedes der 44 Filterbehälter am Müggelsee, von denen gegenwärtig 22 fertig und im Betrieb sind, hat besondere Wasserzu- und -abführung, Ueberlauf und Grundentleerung, sowie Entleerung über dem Filtersand, auch kann jedes für sich nach erfolgter Reinigung von unten mit Reinwasser angefüllt werden. Ablagerungsbassins sind nicht vorhanden. Aus Fig. 14 ist die Konstruktion der Tegeler Filter ersichtlich.

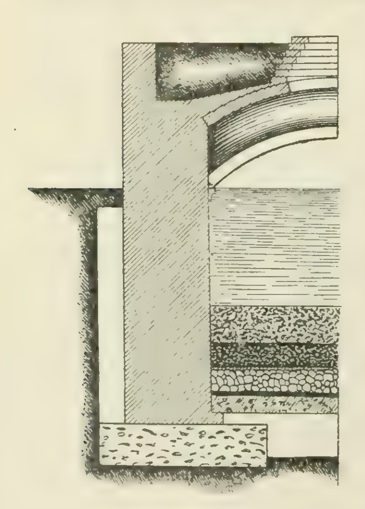


Fig. 14. Profil eines Tegeler Filters.

Die Hamburger Filter, von Fr. Andr. Meyer[1] erbaut und 1893 in Betrieb genommen, sind offene rechteckige Behälter von je 7500 qm Fläche. Die Wände der Behälter sind im Verhältnis 1 : 2 hergestellte, mit Thon und auf demselben mit einer Rollschicht von Ziegelsteinen ausgekleideten Böschungen. Das abfließende Wasserquantum und mit ihm die Filtriergeschwindigkeit wird durch einen von Hand zu stellenden Schieber mit Schlitz möglichst auf dem gleichmäßigen und bestimmten Maße erhalten. Die Filtersandschicht ist 1 m hoch. Vor der Filtration findet eine Reinigung des Wassers durch Ablagerung in besonderen Behältern statt, durch welche die gröberen Sinkstoffe ausgeschieden werden. Die Dauer der Ablagerung beträgt 21 Stunden. Fig. 15 (S. 462) stellt einen Schnitt durch die Konstruktion der neuen Hamburger Filter dar. Eine schematische Darstellung der Filterregulierung in Berlin, in Hamburg und in Pilsen bieten die Fig. 16, 17 und 18 (S. 463 und 464). Dieselben sind einem Bericht des Oberingenieur Eduard Oertl und des Ingenieur Franz Stibral an den Stadtrat in Karlsbad entnommen. In Pilsen wird hiernach die Regulierung der Filter-Druckhöhe durch ein von Hand zu stellendes Teleskop-Ausflußrohr bewirkt.

Offene Filterbehälter haben den Uebelstand, daß sie sich im Winter mit einer starken Eisschicht bedecken und während der Dauer einer anhaltenden Frostperiode nicht gereinigt werden können. Diesem Uebelstande sind bedeckte Filter nicht unterworfen. Dagegen können offene Filter während der Reinigungs- und Ruheperioden besser den Einwirkungen von Luft und Sonne ausgesetzt werden, wodurch die mit der Zeit auch in tiefere Filterschichten eindringenden Bakterien (durch Sonnendesinfektion? [1 2]) besser zerstört werden, als dies bei überwölbten Behältern möglich ist. Man hat in Hamburg offene Filterbehälter gewählt, weil man aus den an den bewährten Altonaer Filteranlagen gemachten Erfahrungen die Ueberzeugung gewann, daß man in der dortigen Gegend und wegen der vorherrschenden wärmeren Seewinde lange Eisperioden im Winter und mit solchen verbundene zu lange Störungen des Filterbetriebes nicht zu fürchten habe. Es ist jedoch zu bemerken, daß Wallichs, dem sich Koch anschließt, die Cholera-Nachepidemie in Altona im Winter 1892/93 auf die durch Eisbildung unterbrochene Reinigung der Filter bez. die dadurch hervorgerufene Verschlechterung des Altonaer Wassers zurückgeführt hat[2]. Vergl. dagegen Kümmel[4].

Die Kosten der bedeckten Filter sind fast doppelt so groß als die der überwölbten.

Von anderen deutschen Städten besitzen Breslau, Lübeck, Bremen, Braunschweig, Frankfurt a. O. nur offene, Magdeburg, Königsberg, Posen nur überdeckte Filter.

## Aufbau der Filtermasse.

Alle Sandfilter sind derartig aufgebaut, daß der Filtersand auf einer Stufenfolge von sorgfältig übereinander geschichteten Zonen von Kies, kleineren und gröberen Steinen bis herunter zur untersten, aus Steinen von Kindskopfgröße bestehenden Packung ruht, indem jede Schicht als Stütze der über ihr befindlichen dient, sodaß ein Einstürzen der oberen Lagen in die unteren unmöglich ist. Die Stärke

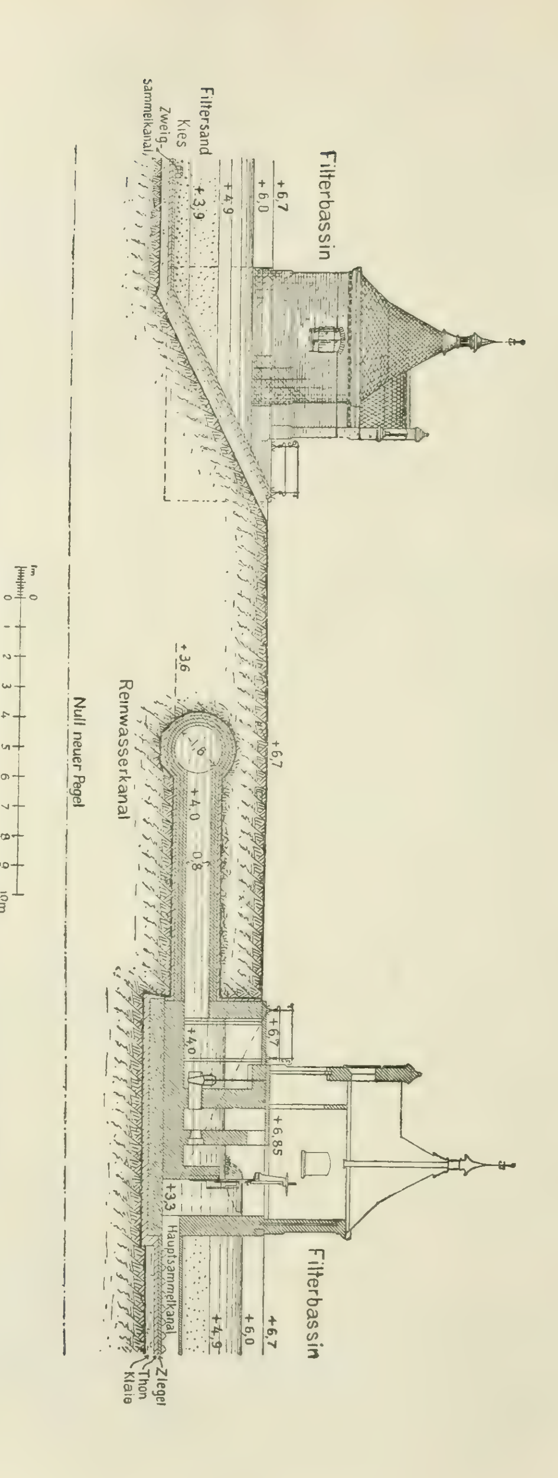



Fig. 15. Anordnung des Abflusses aus den Filtern mit Abflufsrohr und Reinwasserkanal.
Neues Filterwerk in Hamburg.

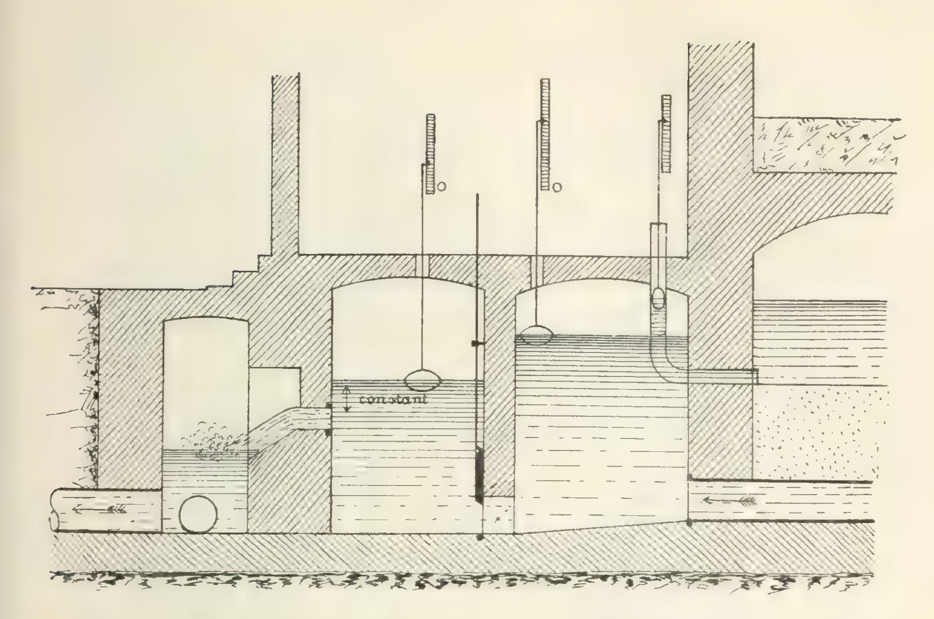



Fig. 16. Filterregulierung nach Gill[8]. In der dem Filter zunächst gelegenen Kammer wird durch die Differenz der beiden Schwimmerstände die Filterdruckhöhe gemessen. In der zweiten Kammer wird durch Regulierung der Schieberstellung die filtrierte Wassermenge konstant erhalten.

Fig. 17. Hamburger Filterregulierung[1]. Durch Stellung der Schütze in der ersten Kammer neben dem Filter wird die Filterdruckhöhe reguliert und durch den Schwimmer beobachtet.

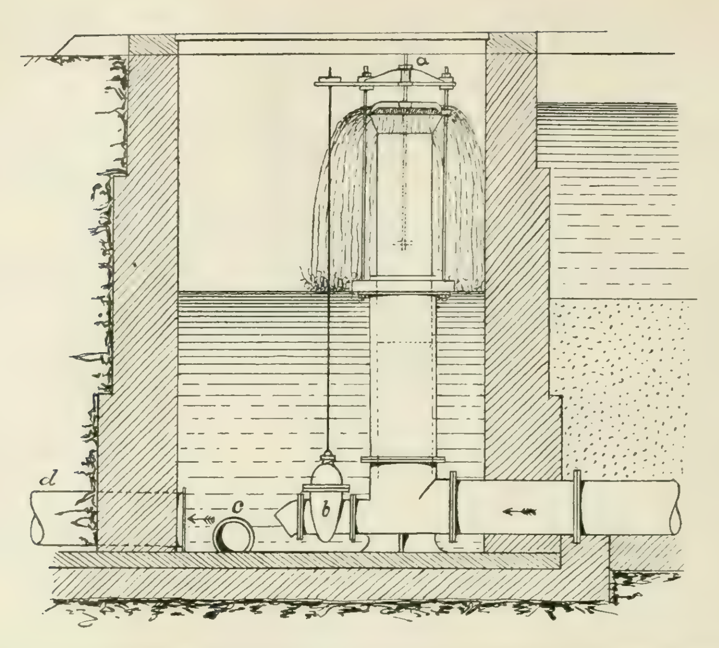



Fig. 18. Filterregulierung in Pilsen. Durch die Stellung des Telescop-Rohres wird die Filterdruckhöhe vermehrt oder vermindert und dadurch die Filteration reguliert.

der Filtersandschicht und der tragenden Schichten ist bei den verschieden Ausführungen eine verschiedene und wechselt in den Grenzen von 1,25 in Brieg bis zu 0,35 bezw. 0,30 m in Schweinfurt oder 0,25 bez. 0,60 m in Braunschweig.

## Sandplattenfilter[5].

Eigenartig und abweichend von der üblichen Anordnung sind die Sandfilter nach dem System Fischer und Peters neuerdings in Worms konstruiert. Als Filtermasse ist der Sand beibehalten, jedoch mit einem bestimmten Gehalt von Natronsilikat zu Platten von 10 cm Stärke geformt und in hoher Hitze gebrannt. Je vier Platten sind zu einem Filterelement vereinigt und schließen einen Hohlraum ein. In neuerer Zeit ist es sogar gelungen die Filterelemente (Kästen) aus einem Stücke im Brande herzustellen. Das Wasser dringt von außen nach innen in diesen Raum und wird bei dem Durchgang durch die Poren der Platten filtriert. Die Schmutzteile bleiben außen an den vertikal gerichteten Wänden der Platten hängen und werden, wenn die Filter gereinigt werden sollen, durch Gegenströmung mit reinem Wasser abgespült. Die Filterdruckhöhen sind nicht größer als bei einem Sandfilter gewöhnlicher Einrichtung. Die Wirkung der Plattenfilter in Bezug auf Zurückhaltung von Bakterien soll der eines gewöhnlichen Sandfilters ziemlich gleich kommen.

Die Abbildungen 19—21 auf S. 465—467 stellen die Wormser Filteranlage in Profil und Grundriß dar. Das Wasser geht ohne erhöhten Druck von außen nach innen durch die Sandfilterelemente und mittels der Röhren

je zu dem Hauptsammelrohr *H*. Am Rande $R_1$ kann die Filtergeschwindigkeit genau eingestellt werden. Der Schwimmer *S* erhält den Unterschied der beiden Wasserspiegel *WS* und $WS_1$ dauernd gleich.

### b) Vorgang der Filtration [6].

Der Betriebsvorgang der Sandfiltration bei einem gewöhnlichen Sandfilter ist nun der folgende.

Indem das Wasser durch die Porenöffnungen des Filtersandes dringt, werden durch denselben zunächst alle Unreinigkeiten zurückgehalten, deren Einzelvolumen größer ist als der Porenzwischenraum zwischen den Sandkörnern. Das Sandfilter wirkt in dieser Weise wie ein Sieb. Indem sich aber die hierbei bildende Schmutzhaut immer mehr verengt und bald eine außerordentlich feine und verfilzte Membran bildet, welche sowohl aus gröberen Resten wie aus schnell sich vermehrenden Algen, Diatomeen, Bakterien zusammengewebt ist, erhält das Filter erst seine eigentlich wirksame Beschaffenheit.

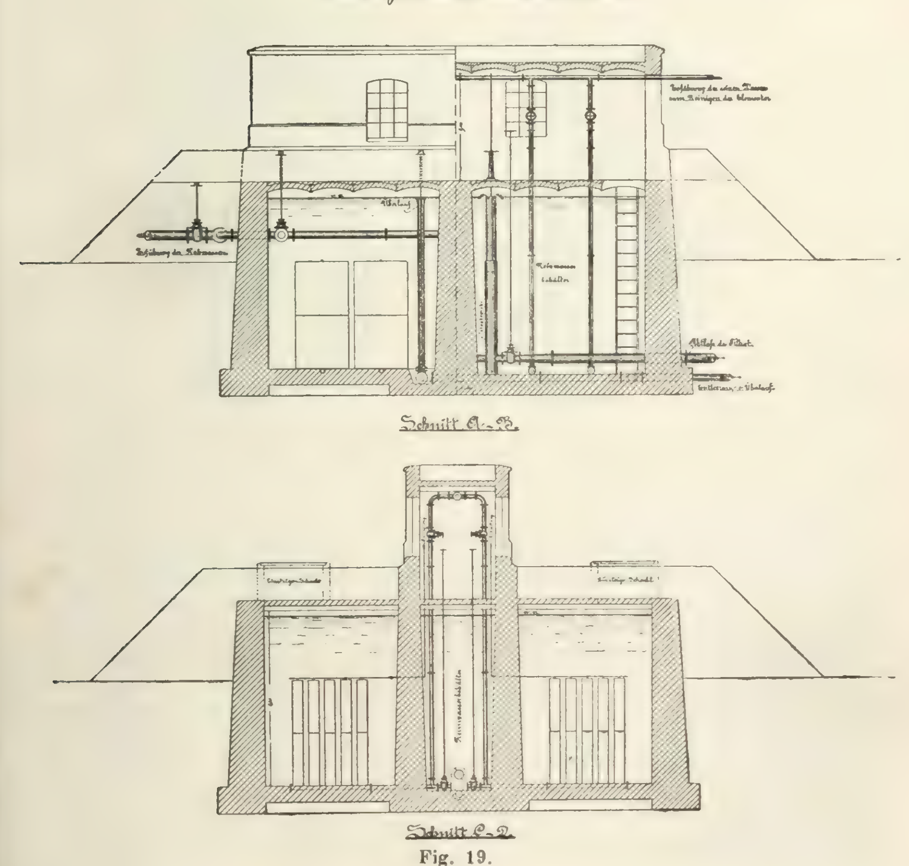



Fig. 19.

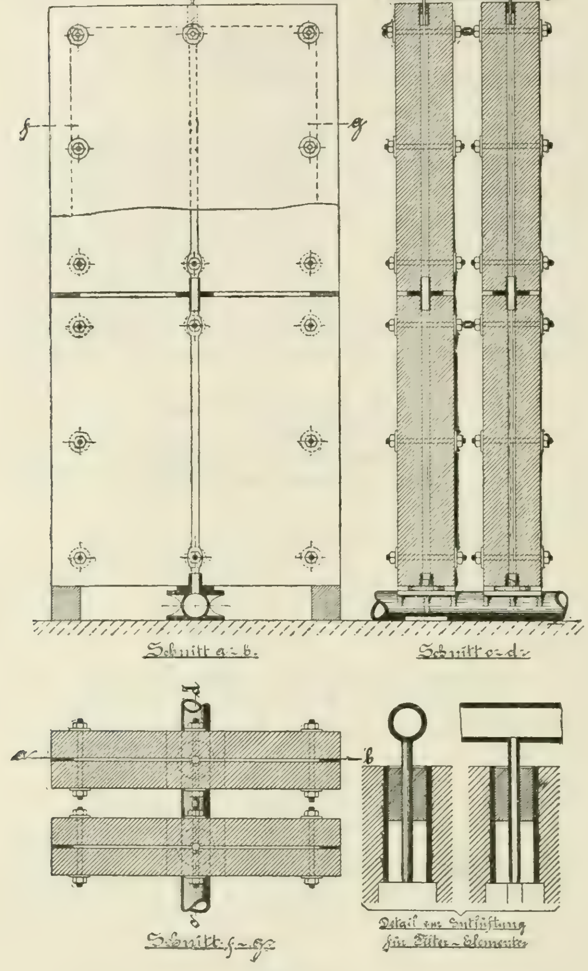



Fig. 20.

Neben der Siebwirkung des Sandes und der Schmutzdecke wirkt zugleich die Adhäsion der bereits abgelagerten, und an den Sandkörnern festhaltenden Körperchen auf die ankommenden. Die glatten Sandkörner können eine genügende Anziehung zunächst nur auf denjenigen Teil der Schmutzkörper ausüben, welche eine dazu ausreichende schleimige Beschaffenheit besitzen. Daher läßt ein frisch in Betrieb genommenes Filter fast alle Bakterien passieren. Es erlangt die Eigenschaft, die Mikroorganismen in ausreichendem Maße zurückzuhalten, erst nach einer Betriebsdauer von 1 bis 2 Tagen, nachdem sich die feine Schmutzhaut auf dem Filter gebildet hat und die Sandkörner durch einen schleimigen Ueberzug ihre glatte und spröde Oberfläche verloren haben. Man schließt daher das erste von

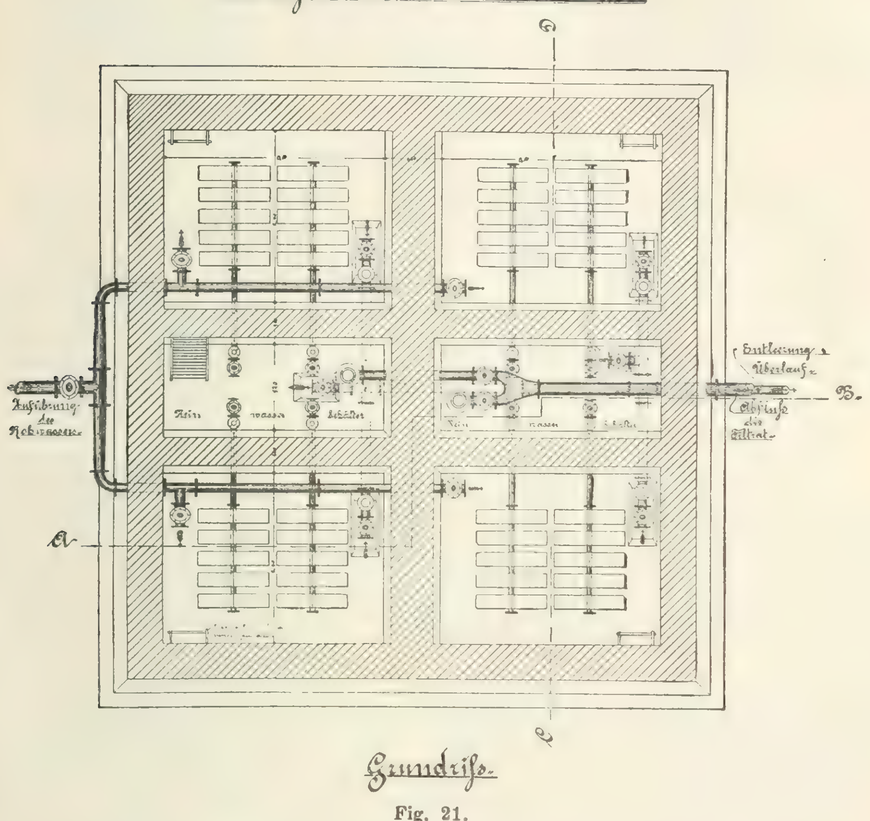



Fig. 21.

einem Filter gelieferte Wasser von der Verwendung aus und läßt es fortlaufen.

Die Bildung der ersten Filterschmutzhaut kann man dadurch fördern, daß man die erste Füllung des Filters einige Tage in demselben stehen und absetzen läßt und dann erst mit der Filtration beginnt.

Nach Leeds (Hyg. Rdsch. (1892) 605 [Ref.]) soll sich in amerikanischen Wasserwerken die Erzeugung einer künstlichen Filterschicht bewährt haben, wie man sie durch Zusatz von Aluminiumsulfat zum Rohwasser erhält. Die Thonerde wird durch den kohlensauren Kalk des Rohwassers als Thonerdehydrat auf die Sandschicht niedergeschlagen.

Eine weitere Wirkung des Filters, allerdings die unwichtigste, ist chemischer Natur. Sie zeigt sich als eine geringe Verminderung

der gelösten organischen Substanz im Wasser, welche durch die Lebensthätigkeit der in übergroßer Anzahl in den unteren Filterschichten angesiedelten Bakterien verbrannt (oxydiert) werden, sowie in einer merkbaren Verringerung des zu Salpetersäure oxydierten Ammoniaks, während die Rückstandmengen, der Kalk- und Chlorgehalt durch die Filtration keine oder nur sehr unwesentliche Veränderungen erleiden. Dies ergiebt sich aus den Untersuchungen des Berliner Leitungswassers vor und nach der Filtration durch Wolffhügel[7] und Proskauer[8].

### Filtriergeschwindigkeit[6].

Die wichtigste Bedingung für den Vorgang einer brauchbaren Filtration ist eine möglichst geringe Filtriergeschwindigkeit. Hierunter wird die Geschwindigkeit verstanden, mit welcher das Wasser im freien Wasserraum über dem Filtersande während des Filtrierens sinkt. Es ist üblich, diese Geschwindigkeit in Millimetern pro Stunde auszudrücken. Im allgemeinen macht sich, hervorgerufen durch die genaueren bakteriologischen Untersuchungen in neuerer Zeit, das Bestreben geltend, diese Filtriergeschwindigkeit mehr und mehr herabzusetzen.

Die Tegler Filtrieranlagen (Berlin) sind für eine Filtriergeschwindigkeit von 125 mm, die Müggelsee-Filter (Berlin) für eine solche von 100 mm und die Hamburger Filter für eine solche von 62,5 mm konstruiert. In Stettin arbeiteten die Filter im Jahre 1892 noch mit durchschnittlich 140 mm, in Lübeck mit 250 mm Geschwindigkeit. Bei dem Auftreten der Cholera in Stettin 1893 ist von Koch die Herabsetzung der Filtriergeschwindigkeit auf 100 mm verlangt worden[9].

In Wirklichkeit ist die Durchgangsgeschwindigkeit des Wassers durch die Poren der Sandschicht, welche etwa nur 0,1—0,2 der Gesamtfläche des Filters ausmachen, das 10- bez. 5-fache der Geschwindigkeit und steigert sich mit der Zunahme der Filterdruckhöhe nach dem Verhältnis der Quadratwurzeln aus diesen.

Ist beispielsweise die Anfangsdruckhöhe, also die Differenz zwischen dem Wasserspiegel über dem Filter und dem des Reinwassers 0,05 m, diejenige beim Beschluß der Betriebsthätigkeit des Filters 0,5 m, so ist die Durchgangsgeschwindigkeit des Wassers durch die Porenräume des Sandes noch im Verhältnis von 2,33 : 7,07 gewachsen, während die sogenannte Filtriergeschwindigkeit konstant erhalten worden ist.

Es ist für ein gutes Ergebnis der Filtration ein Haupterfordernis, daß man die Filterdruckhöhe nicht zu hoch steigert, da durch den Druck die erwähnte filtrierende Schmutzdecke auf dem Filter zusammengedrückt wird und gelegentliche Zerreißungen erleidet.

Die Betriebsdauer eines Filters vom Beginn der Filtration bis zu dem Zeitpunkt, wo dasselbe ausgeschaltet werden muß, weil die Druckhöhe das zulässige Maximalmaß erreicht, oder das Filter undurchlässig geworden, sich „tot“ gearbeitet hat, beträgt je nach der Beschaffenheit des Rohwassers 6—90 Tage.

Dieselbe ist im Sommer wegen des schnelleren Wachstums der Algen und Bakterien geringer als im Winter (s. u.).

Die Versuche von Fränkel und Piefke[10] haben dargethan, daß die Leistungen der Sandfilter in Bezug auf Zurückhaltung von Mikroorganismen bei verständiger Leitung derselben und bei Vermeidung von Störungen des Betriebes ganz hervorragende sein können, da dann nur etwa der tausendste Teil der Zahl der Bakterien in das Filtrat gelangt; (es haben diese Versuche aber auch gezeigt, daß selbst bei den minimalen Filtriergeschwindigkeiten von 50 und 25 mm noch vereinzelte Keime z. B. die Erreger der Cholera durch das Filter hindurchschlüpfen.) —

**c) Schwierigkeiten der Filtration.**

Dem geregelten und ungestörten Fortgang einer Filtrationsanlage stellen sich verschiedene Schwierigkeiten entgegen, die teils aus Umständen und Einflüssen hervorgehen, welche sich menschlicher Berechnung und Einwirkung entziehen, teils in den Mängeln der Leitung und Bedienung ihren Grund haben. Zu den ersteren gehören die klimatischen Einflüsse. Es ist bereits bemerkt worden, daß durch die Eisbildung bei offenen Filterbecken die Reinigung derselben zu lange unterbrochen, daß dadurch die Güte des Filtrats erheblich beeinträchtigt werden kann, und daß die Choleraepidemie in Altona im Winter 1892/93 auf eine derartige, trotz aller Umsicht und Sorgfalt nicht zu überwindende Störung im Filterbetriebe durch das Eis zurückgeführt worden ist[2]. Ebenso wird als die Ursache der Typhusepidemie in Berlin im Winter 1889/90 die damalige Ueberanstrengung der Stralauer Filter infolge der durch Eisbildung verhinderten Instandsetzung eines erheblichen Teils der Filterfläche angesehen[10]. Im Sommer wird dagegen nicht selten ein geregelter und gleichmäßiger Betrieb der Filtration durch plötzliches und nicht vorherzusehendes Anwachsen des Wasserbedarfs oder durch das unerwartete Auftreten der Wasserblüte, welche in kurzer Zeit die gesamte in Thätigkeit befindliche Filterfläche unwirksam macht, beeinträchtigt. Durch Tiere, namentlich durch Aale, welche der durch die Pumpen erzeugten Wasserströmung folgen und durch letztere in die Filterbecken gelangen, wird die Filterhaut durchbrochen. Aale haben die Lebensgewohnheit, sich tief in den Sand und Schlamm einzuwühlen und folgen derselben auch, wenn sie in die Filterbehälter gelangen. Im Berliner Rohrnetz sind während sorgsamer Filtration wiederholt Aale gefunden worden und nur dadurch zu Tage gekommen, daß sie zufällig in Hausleitungen gerieten, welche sie verstopften, sodaß ein Auseinandernehmen der Rohrleitung zur Beseitigung der Verstopfung erforderlich wurde. Ob es den Aalen bei ihrem Triebe, dem abziehenden Wasser zu folgen, möglich ist, die Filtersandschicht bis zur Steinpackung (siehe S. 464) zu durchbohren, oder wie sie sonst in das Reinwasser gelangen, ist z. Z. noch nicht aufgeklärt.

An sich richtig und zweckmäßig angelegte Filtrationsanlagen können ungenügend gereinigtes Wasser geben und daher Gefahr für die Gesundheit der Wasserkonsumenten bringen, wenn ihr Betrieb aus Nachlässigkeit oder Unkenntnis nicht sachverständig und sorgsam geleitet und bedient wird.

Die Choleraepidemie in Nietleben bei Halle 1892 ist nach Koch

durch den nicht sachgemäßen Betrieb der nach Berliner Muster gebauten Sandfilter veranlaßt worden [11].

Fig. 22 stellt die Disposition der Filter für das Neckarwasserwerk Stuttgart dar. Aus diesem Grundriß ist die Anordnung der 4 Filterbehälter mit dem Zuführungskanal, der Reinwasserschächte mit dem Zufluß von jedem Filter und dem Abflußkanal nach dem Reinwasserbehälter ersichtlich. Links von dem Reinwasserbassin liegt die Pumpstation, rechts von den Filtern die Sandwäsche. Fig. 23 zeigt

Fig. 22. Filteranlage des Neckarwasserwerks in Stuttgart. Grundrifs.

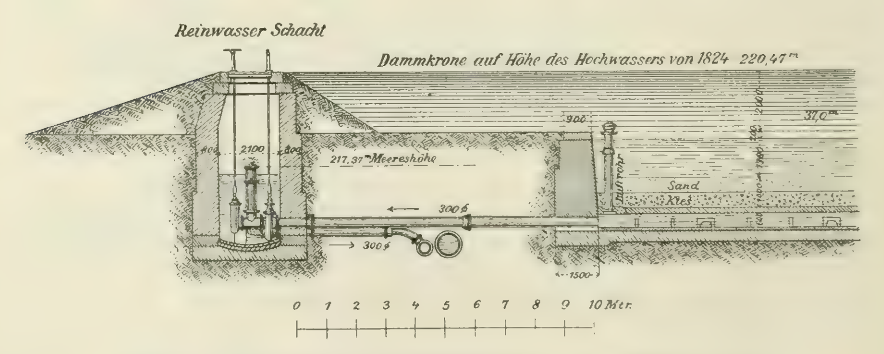



Fig. 23. Filteranlage des Neckarwasserwerks in Stuttgart. Profil

einen Schnitt durch das Filter, die Zuführung zum Reinwasserschacht mit dem Austritt des Wassers aus dem einzelnen Filter, die Absperrvorrichtung sowie den Grundablaß des einzelnen Filters. Wie ersichtlich, ist die Einrichtung derart getroffen, daß ohne Schwierigkeiten Proben des Filtrats von jedem einzelnen Filter zur bakteriologischen Prüfung entnommen werden können.

Je mehr durch die neueren Forschungen die Ansicht befestigt wird, daß eine gefahrbringende Verseuchung des Oberflächenwassers in Flüssen und Seen eintreten kann und zeitweise statthat, um so verantwortlicher muß das Unternehmen erscheinen, dieses Wasser für Hauswasserversorgungen zu verwenden und in dem vielen Zufällen ausgesetzten Vorgange der Sandfiltration eine Gewähr für eine jede Gefahr ausschließende, vollkommene Reinigung des Wassers finden zu wollen.

### d) Reinigung des Filters und des Filtersandes.

Bei der Inbetriebsetzung eines Filters muß dasselbe von *unten* her bis über die Sandoberfläche mit reinem Wasser angefüllt werden, erst dann darf man Rohwasser von *oben* her auf das Filter fließen lassen und das Filterbett mit demselben füllen. Würde man ein trockenes Sandfilter sogleich *von oben* her mit Wasser füllen, so würde die von der Sandschicht eingeschlossene und durch das Wasser verdrängte Luft beim Entweichen die filtrierende Sandschicht auflockern und in derselben Sprünge erzeugen, welche den Durchtritt von nicht filtriertem Wassers gestatten.

Wird das Filter nach beendeter Betriebsdauer ausgeschaltet, so ist zunächst das über dem Sande stehende Wasser durch eine besondere Entleerungsleitung abzulassen, dann die Grundentleerung zu öffnen und der Behälter bis auf die Sohle zu entleeren. Es wird alsdann die oberste Sandschicht mit der Schmutzhaut in einer Stärke von 10 bis 20 mm mittels flacher, scharfer Schaufeln abgehoben und aus dem Filter entfernt, letzteres aber vor erneuter Benutzung möglichst lange der Einwirkung von Luft und Sonne ausgesetzt. Der herausgeschaffte schmutzige Sand wird in der Regel behufs seiner Wiederverwendung gewaschen. Dies geschieht bei größeren Werken mit Maschinenkraft in liegenden konischen, sich drehenden Waschtrommeln mit Gegenströmung des Waschwassers. Bei kleineren Einrichtungen kann man zum Waschen des Sandes Tröge mit fließendem Wasser verwenden, in denen der Sand der Strömung entgegen mit Schaufeln vorwärtsbewegt wird. Fig. 24 auf S. 472 stellt die bei den Tegeler Wasserwerken in Benutzung befindliche Waschtrommel dar. Von links wird der unreine Sand in die Trommel eingeführt, durch die Schraubengänge in der Trommel wird derselbe nach rechts vorgeschoben, durch die an denselben befindlichen kleinen Schaufeln während der Drehung hoch gehoben, um aus dem Scheitel der Trommel in das Wasser hinunterzufallen und sich dadurch zu zerteilen. Von rechts fließt das reine Wasser ein, um links die Trommel mit den Schmutzteilen wieder zu verlassen.

Die unschädliche Beseitigung des abfließenden Schmutzes bietet mitunter einige Schwierigkeiten, da derselbe keinenfalls der Wasserbezugsquelle wieder zugeführt werden darf. In der Regel desinfiziert man daher das Schmutzwasser mit Kalk und Tonerde und läßt es

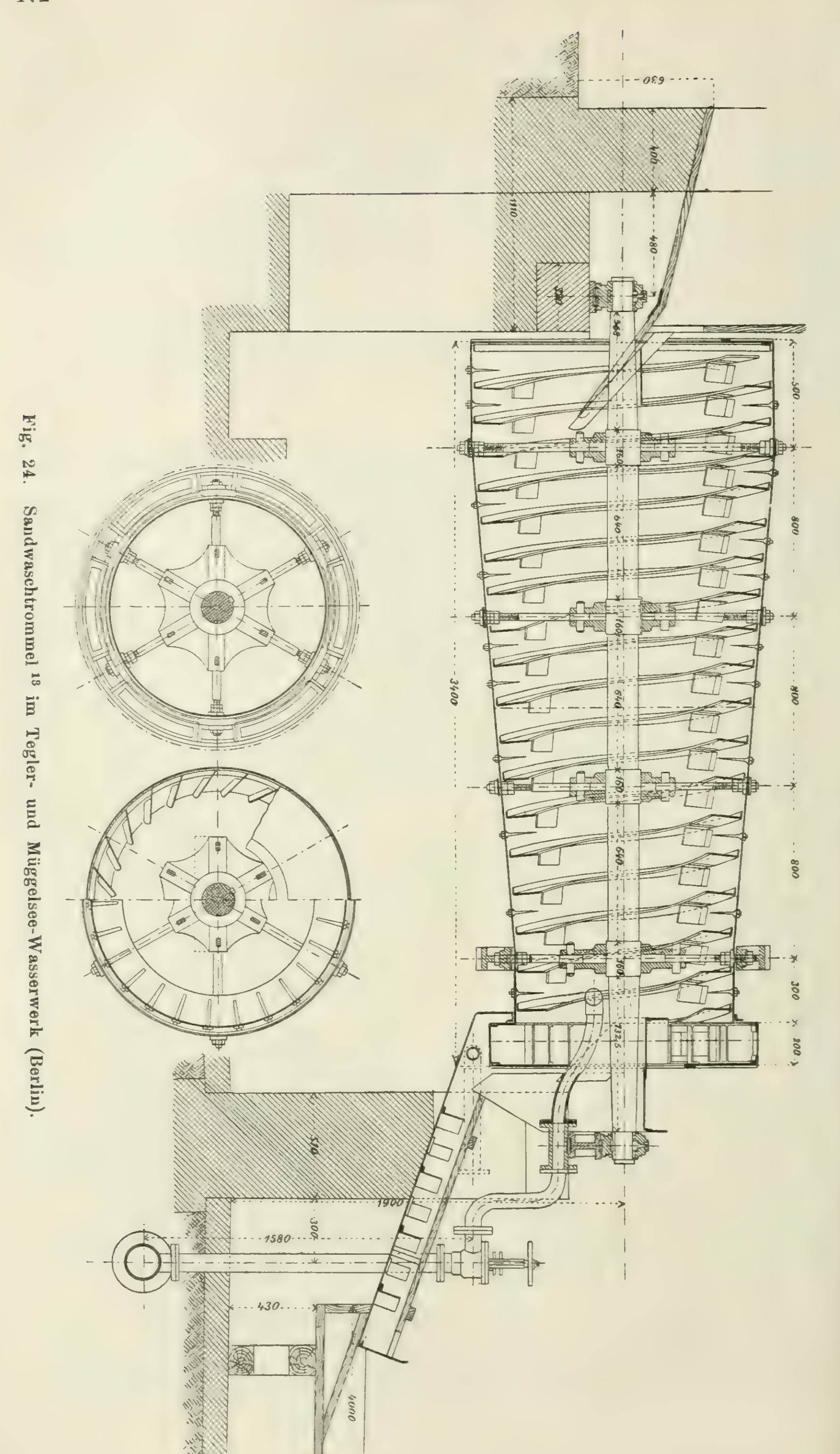



Fig. 24. Sandwaschtrommel [18] im Tegler- und Müggelsee-Wasserwerk (Berlin).

in Bassins sich ablagern; dann führt man es in mehr oder weniger gereinigtem Zustande mittels einer besonderen Leitung abwärts in einen von der Entnahmestelle genügend entfernten Wasserlauf. Der in den Ablagerungsbehältern sich niederschlagende Schlamm muß abgefahren werden.

1) **F. Andreas Meyer**, *Die neuen Filteranlagen für die Wasserversorgung Hamburgs, München.*
2) **Wallichs**, *D. med. Wochenschr.* (1891) *No.* 25; **R. Koch**, *Z. f. Hyg. u. Infekt* (1893) 14. *Bd.* 409.
3) **H. Gill**, *Die Müggelsee - Lichtenberg - Erweiterungsbauten der städtischen Wasserwerke Berlins, Verhandlungen des Deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern in Kiel* (1892).
4) **Kümmel**, *Transact.* 7. *intern. congr. of hygiene London* (1891) *Vol. VII*, 229; *Hyg. Rdsch.* (1893) 587 [*Ref.*].
5) **Fischer**, *Hygien. Rdsch.* (1895) 334; *ferner Hygien. Rdsch.* (1893) 341 *und Gesund.-Ing.* (1894) 341.
6) **Piefke**, *Mitteilungen über natürliche und künstliche Sandfiltration. Berlin* 1881; **Piefke**, *Journ. f. Gasbel. und Wasserversorg, Jahrg.* (1891) 207; **Piefke**, *Z. f. Hyg* (1894) 16. *Bd.* 151.
7) **Wolffhügel**, *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt* (1886) 1. *Bd.* 1.
8) **Proskauer**, *Zeitschrift für Hygiene* (1890) 9. *Bd. und* (1893) 14. *Bd.* 250.
9) **R. Koch**, *Z. f. Hyg. und Infekt.* (1893) 14. *Bd.*
10) **Fränkel** *und* **Piefke**, *Z. f. Hyg.* (1890) 8. *Bd.* 1.
11) **R. Koch**, *Z. f. Hyg. und Infekt.* (1894) 15. *Bd.*
12) **E. v Esmarch**, *Z. f. Hyg. und Infekt.* (1894) 16. *Bd.* 257.
13) **Anklamm**, *Wasserwerke der Stadt Berlin am Tegeler See.*

### e) Staatliche Beaufsichtigung der Sandfiltration.

Durch die Versuche von Fränkel und Piefke[1] war die Erkenntnis gewonnen, daß Sandfilter nicht „keimdicht" seien und daß ihre Wirksamkeit in Bezug auf Reinigung des Wassers und Zurückhaltung von Bakterien wesentlich sowohl von ihrer Konstruktion und Beschaffenheit, als auch von der Behandlung und Betriebsweise derselben abhänge. In dem Maße daher, als sich die Ueberzeugung befestigte, daß in dem Oberflächenwasser ein Hauptträger und Verbreiter von Krankheitskeimen zu suchen sei, ergab sich die Notwendigkeit einer staatlichen Ueberwachung der zentralen Sandfiltration. Für Deutschland sind durch eine Kommission von Sachverständigen „Grundsätze für die Reinigung von Oberflächenwasser durch Sandfiltration zu Zeiten der Choleragefahr" aufgestellt worden[2].

Der Inhalt dieser „Grundsätze" ist der folgende.

§ 1. Bei der Beurteilung eines filtrierten Oberflächenwassers sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

a) der Keimgehalt des Filters soll möglichst gering, nicht höher als 100 Keime im Kubikcentimeter sein,
b) das Filtrat soll klar sein und darf in Bezug auf Farbe, Geschmack, Temperatur und chemisches Verhalten nicht schlechter sein als vor der Filtration (!).

§ 2. Das Filtrat eines jeden Filters ist täglich zu untersuchen: auf ein plötzliches Ansteigen des Keimgehalts, welches in einer Störung im Filterbetrieb begründet sein könnte, ist besonders zu achten.

§ 3. Das Filtrat eines jeden Filters muß so zugänglich sein, daß zu beliebiger Zeit Proben entnommen werden können.

§ 4 schreibt das Verfahren für eine einheitliche Ausführung der bakteriologischen Untersuchung vor und ist durch eine nachträgliche Bestimmung des Kaiserl. Gesundheitsamts erweitert [3].

§ 5 bestimmt, daß die mit der bakteriologischen Untersuchung betrauten Personen den Nachweis der Befähigung erbracht haben müssen.

§ 6 lautet: Entspricht das von einem Filter gelieferte Wasser den hygienischen Anforderungen nicht, so ist dasselbe vom Gebrauch auszuschließen, sofern die Ursache des mangelhaften Verhaltens nicht schon bei der Beendigung der bakteriologischen Untersuchung behoben ist.

Liefert ein Filter nicht nur vorübergehend ein ungenügendes Filtrat, so ist es außer Betrieb zu setzen und der Schaden aufzusuchen und zu beseitigen.

Nach den bisher gemachten Erfahrungen kann es aber unter gewissen unabwendbaren Verhältnissen (Hochwasser u. s. w.) technisch nicht möglich sein, ein den im § 1 angegebenen Eigenschaften entsprechendes Wasser zu liefern. In solchen Fällen wird man sich mit einem weniger guten Wasser begnügen, gleichzeitig aber je nach Lage der Dinge (Ausbruch einer Epidemie) eine entsprechende Bekanntmachung erlassen.

§ 7. Um ein minderwertiges, den Anforderungen nicht entsprechendes Wasser beseitigen zu können (§ 6) muß jedes einzelne Filter eine Einrichtung besitzen, die es erlaubt, dasselbe für sich von der Reinwasserleitung abzusperren und das Filtrat abzulassen. Dieses Ablassen hat, soweit die Durchführung des Betriebes es irgend gestattet, in der Regel zu geschehen

1) unmittelbar nach vollzogener Reinigung des Filters und
2) nach Ergänzung der Sandschicht.

§ 8 fordert eine reichlich bemessene Filterfläche und eine mäßige Filtrationsgeschwindigkeit.

§ 9. Jedes einzelne Filter soll für sich regulierbar und in Bezug auf Durchfluß, Ueberdruck und Beschaffenheit des Filtrats kontrollierbar sein; auch soll es für sich vollständig entleert, sowie nach jeder Reinigung von unten mit filtriertem Wasser bis zur Sandoberfläche angefüllt werden können.

§ 10. Die Filtrationsgeschwindigkeit soll gegen plötzliche Schwankungen oder Unterbrechungen gesichert sein.

§ 11. Die Filter sollen so angelegt sein, daß ihre Wirkung durch den veränderlichen Wasserstand im Reinwasser-Behälter oder -Schacht nicht beeinflußt wird.

§ 12. Der Filtrationsüberdruck darf nie so groß werden, daß Durchbrüche der obersten Filterschicht eintreten können.

§ 13. Die Filter sollen darauf konstruiert sein, daß jeder Teil der Fläche eines jeden Filters möglichst gleichmäßig wirkt.

§ 14 behandelt die Wasserdichtheit der Wände und der Luftschächte zu den Reinwasserkanälen.

§ 15 setzt die Stärke der Sandschicht auf mindestens 30 cm fest und verlangt bei Neuauffüllung eines Filters die Uebertragung der unter der Schlammschicht befindlichen Schicht gefärbten Sandes auf die durch Auffüllung neu hergestellte Sandfläche.

§ 16 behandelt vierteljährlich seitens der Filter-Wasserwerke an das Kaiserl. Gesundheitsamt zu erstattende Berichte über die Betriebsergebnisse, namentlich über die bakteriologische Beschaffenheit des Wassers.

§ 17 besagt, daß die Frage, ob und unter welchen Verhältnissen eine fortlaufende staatliche Beaufsichtigung der öffentlichen Wasserwerke angezeigt ist, am zweckmäßigsten nach Einsicht des gemäß § 16 gesammelten Materials zu beantworten sein wird.

Durch preußischen Ministerialerlaß vom 19. März 1894 an die Oberpräsidenten sind diese neuen „Grundsätze" denselben zur w. V. insbesondere bezüglich der vierteljährlichen Berichte der Sandfilterwerke an das Kaiserl. Gesundheitsamt mitgeteilt worden.

Soweit sich diese „Grundsätze", abgesehen von § 1, welcher allgemeine Eigenschaften des Wassers behandelt, und abgesehen von den beiden Schlußparagraphen, vorwiegend auf die Anforderungen an die Filterkonstruktion (§§ 3, 7, 8, 9, 11, 13, 14) und das Verfahren der Wasseruntersuchung beziehen (§§ 2, 4 und 5) sind sie klar und praktisch durchführbar, wenn auch namentlich in Bezug auf den Filterbau nicht erschöpfend. Die Sätze jedoch, welche die Handhabung des Filtervorgangs, den Filterbetrieb selbst zum Gegenstand haben (die §§ 6, 10, 12, 15) lassen nur erkennen, daß hierin die eigentlichen Schwierigkeiten der Sache liegen, ohne daß sie eine Norm an die Hand geben, wie ein Filterbetrieb richtig zu handhaben ist und wie den Störungen, denen die Sandfiltration ausgesetzt ist, in allen Fällen in wirksamer und hygienisch ausreichender Weise begegnet werden könnte. Der Schlußsatz des § 6 gesteht schlechthin zu, daß dies unter Umständen überhaupt nicht möglich ist; derselbe ist unanfechtbar und bleibt giltig, auch wenn die Bestimmungen für den Betrieb der Sandfiltration so ergänzt werden sollten, daß sie erschöpfend in die technischen Details eindringen und insbesondere auch den Grad der Befähigung und Verantwortlichkeit der einzelnen mit der Bedienung, Leitung und Beaufsichtigung eines Filterbetriebes beauftragten technischen Organe genau regeln könnten, wozu die vorstehenden „Grundsätze" nicht ausreichen.

Die in dem § 6 ausgesprochene Erkenntnis sollte daher in erster Linie zu der Folgerung führen, *daß die Entnahme von Wasser zur Städte-Wasserversorgung aus allen der Verunreinigung ausgesetzten Oberflächengewässern grundsätzlich aufzugeben ist* und nur in dem Falle zugelassen werden kann, wenn der Nachweis erbracht ist, daß gegen Verunreinigung geschütztes Wasser nicht beschafft werden kann.

Der Erlaß eines *deutschen Wasserrechtes*, in welchem auch der Schutz des Trinkwassers Aufnahme fände, ist ein bisher unerfülltes Postulat der Hygiene. — *England* hat die wesentlichen Bestimmungen eines solchen kodifiziert in den folgenden Gesetzen: Waterwork clauses acts 1847 und 1863, Public health water act 1878, River pollution prevention act 1878 und namentlich in Public health act for London 1891.

1) **Fraenkel** *und* **Piefke**, *Zeitschr. f. Hyg.* (1890) 8 *Bd.*
2) *Nur historischen Wert besitzen die in Veröffentl. d. Kais. Gesundheitsamts* (1892) 767 *und* (1893) 487 *abgedruckten Bestimmungen.*
3) *Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts* (1894) 114.

### VI. Kapitel.

## Maschinen und Pumpen[1].

Das gewonnene, von Natur reine oder künstlich gereinigte Wasser fließt entweder durch natürliches Gefälle der Verbrauchsstelle zu, oder es muß durch die Kraft von Maschinen mittels Pumpen gehoben werden.

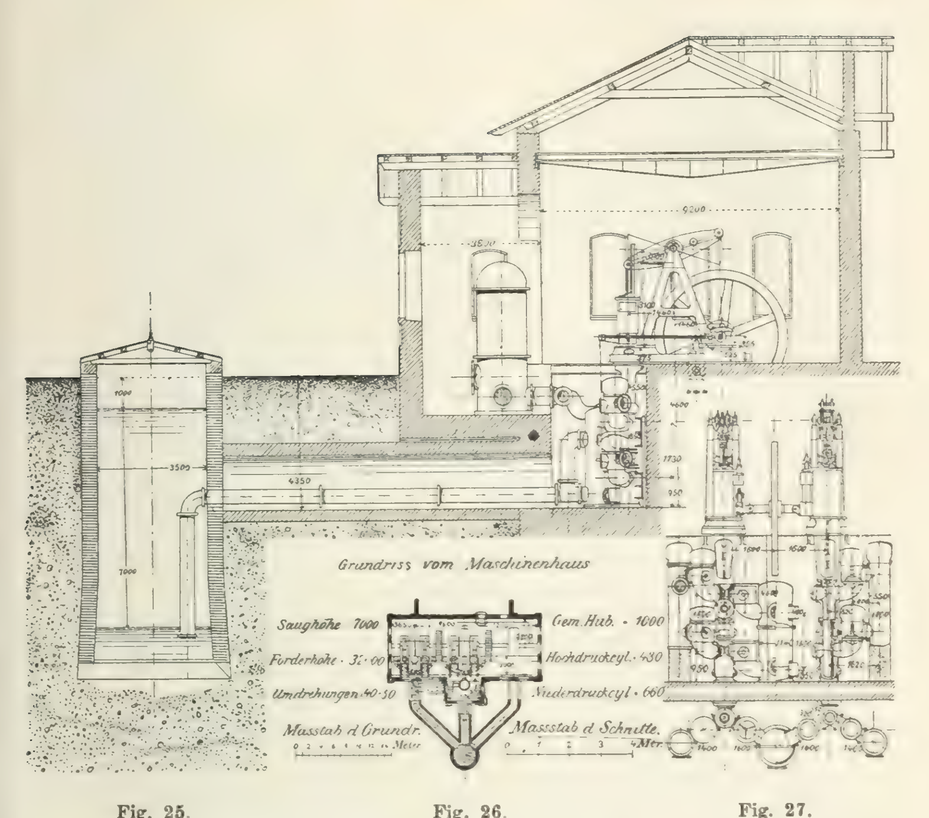
Maschinen und Pumpen bieten wenig Anlaß zur Beurteilung von hygienischen Gesichtspunkten. Auf die mannigfaltigen und technisch vollkommensten Konstruktionen oder die Wirkungsweise derselben einzugehen, dürfte daher nicht angezeigt sein. Es wird genügen, in einigen allgemeinen Bemerkungen auf diejenigen Punkte hinzuweisen, deren Beachtung im gesundheitlichen Interesse zu empfehlen ist.

Wie von dem Augenblicke an, wo das Reinwasser den technischen Mitteln zur Beförderung an die Verbrauchsstellen übergeben wird überhaupt dafür zu sorgen ist, daß erneute Verunreinigungen des Wassers, bez. die Gelegenheiten dazu sorgfältig fern zu halten sind, so muß selbstverständlich auch in der Maschinen- und Pumpenanlage jede schädliche Einwirkung auf das Wasser ausgeschlossen sein. Die Pumpen und Ventile sind rein zu erhalten, zu denselben sind Materialien zu verwenden, welche schädliche oder widerwärtige Verunreinigungen an das Wasser nicht abgeben; insbesondere ist zu sorgen, daß Schmieröl nicht in das Wasser gelangt. Bei dem Auseinandernehmen einer Pumpe behufs Reparatur dürfte es nicht überflüssig sein, darauf zu achten, daß keine Unreinigkeiten in den inneren Raum der Pumpe gelangen. Wenn der Betrieb der Pumpen das Einsaugen von von Luft in dieselben notwendig macht, um das Schlagen der Ventile zu verhindern, ist darauf zu halten, daß diese Luft rein ist und womöglich nicht dem Maschinenraum entnommen, sondern frisch von außen zugeführt wird. Tote Räume innerhalb der Pumpenanlage, in denen das Wasser an der Förderung nicht teilnimmt, vielmehr stagniert, welche daher Gelegenheit zur Bildung von Bakterienherden bieten, sind zu vermeiden. Vor allem ist Vorsorge zu treffen, daß stets ausreichend Maschinenkraft vorhanden ist, um dem größten zu erwartenden Wasserbedürfnis zu genügen, und daß es darüber hinaus an der nötigen Reserve nicht fehlt, damit nicht aus Mangel an Kraftleistung Wassermangel entsteht und die mit letzterem verbundenen hygienischen Uebelstände eintreten. Es fällt hierbei ins Gewicht, ob die Gleichmäßigkeit der Maschinenarbeit durch Ausgleichsreservoire (s. Kap. VII) unterstützt wird, oder ob die Maschinen selbst in ihrer Förderthätigkeit allen Schwankungen des Wasserverbrauches zu folgen haben.

Die für die Wasserversorgung gebräuchlichsten Pumpen sind Kolbenpumpen, und zwar sowohl in stehender als in liegender Anordnung, einfach wirkend als Plungerpumpen oder doppelt wirkend, beide mit Klappen oder mit Ringventilen. Die Klappen sind in der Regel mit Leder beschlagen, die Ringventile haben Metalldichtung.

Für geringeren Druck, namentlich zur Förderung des Wassers, auf die Filter werden häufig Centrifugalpumpen oder andere rotierende Pumpen angewendet.

Fig. 25—27 zeigen als Beispiel die Konstruktion der Pumpen des neuen Wasserwerks der Stadt Leipzig, und zwar Fig. 26 und 27




**Fig, 25.** **Fig. 26.** **Fig. 27.**

**Pumpen des Wasserwerks in Leipzig.** (**Erklärung siehe S. 476.**)

die allgemeine Anordnung des Pumpwerks, Fig. 25 einen Querschnitt durch die Pumpen.

1) **Riedler,** *Neuere Wasserwerksmaschinen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* (1890) 34. *Bd.* 537, 567, 595, 627.

## VII. Kapitel.

# Aufspeicherung des Wassers, Reservoire.

Eine Aufspeicherung des Wassers in Reservoiren macht sich überall da notwendig, wo Zufluß und Abfluß, Förderung und Verbrauch sich nicht zu jeder Zeit das Gleichgewicht halten. Die Größe der Behälter richtet sich hierbei nach der berechneten oder erfahrungsmäßigen Größe dieser Schwankungen. Schon zwischen den Filtern, wo solche erforderlich sind, und den Fördermaschinen macht sich in der Regel die Einschaltung eines Reinwasserreservoirs nötig, um Unregelmäßigkeiten in dem Betriebsgange beider auszugleichen. Die neuen Müggelsee-Filterwerke in Berlin haben für ein Förderquantum von rund 160000 cbm täglich in 4 Abteilungen je ein Reinwasser-

reservoir von 2500 cbm, die neuen Hamburger Filteranlagen für eine Tagesleistung von 180000 cbm ein Reinwasserreservoir von 10000 cbm Inhalt erhalten.

Verhältnismäßig größere Fassungsräume werden denjenigen Reservoiren gegeben, welche zur Ausgleichung der täglichen Verbrauchsschwankungen als Hoch- oder Zwischenbehälter dienen. Sie erhalten gemäß dem früher im Kapitel II (S. 432) über den Wasserverbrauch festgestellten Verhältnis des durchschnittlichen zum Maximaltagesverbrauch von 1:1,5 zweckmäßig einen Inhalt von $^1/_2$ des ersteren oder $^1/_3$ des letzteren. Falls sie bei künstlicher Hebung des Wassers in solcher Größe nicht ausführbar oder nicht vorhanden sind, bleibt ein Teil der Tagesschwankungen durch die Maschinenarbeit auszugleichen. Bei einer geringeren Betriebszeit der Maschinen als 24 Stunden täglich erhält ein Reservoir einen der Betriebszeit umgekehrt entsprechend größeren Inhalt und dient in solchem Falle zugleich als Vorratsbehälter.

Der Hochbehälter (Wasserturm) Fig. 29 S. 480) wird örtlich entweder zwischen dem Pumpwerk bez. der Zuflußquelle und dem Verbrauchsgebiet und zwar derart angebracht, daß sämtliches Wasser das Reservoir, und zwar in der Folge durchläuft, wie es gefördert wird. Diese Anordnung ist, weil der Inhalt des Behälters stets gleichmäßig an der Erneuerung teil hat, die hygienisch richtigere und vollkommenere. Oder es befindet sich das Hochreservoir als sog. Gegenreservoir in der Richtung des Zuflusses hinter dem Versorgungsgebiet, sodaß dieses zwischen dem Zufluß oder der Pumpstation und dem Hochbehälter liegt. Bei dieser Anordnung erhält der Hochbehälter nur den Ueberschuß der Förderung über den Verbrauch, speichert denselben auf und giebt von demselben rückläufig nur ab, wenn der Wasserverbrauch den Zufluß überschreitet. Da hierbei nur eine mangelhafte, unter Umständen unregelmäßige Erneuerung des Wassers im Hochbehälter stattfindet und Wasser zum Genuß geliefert wird, welches längere Zeit stagniert hat, ist diese Einrichtung als hygienisch weniger vollkommen anzusehen. Das Gleiche findet statt, wenn das Hochreservoir seitlich vom Hauptzuführungsrohr belegen ist, durch einen Abzweig des letzteren gespeist wird und durch denselben die Wiederabgabe des Wassers bewirkt. In beiden Fällen ist das Zuflußrohr zugleich Abfluß, bei der erstgenannten, besseren Anordnung dagegen sind Zufluß und Abfluß getrennte Leitungen. In allen Fällen ist es ökonomisch vorteilhaft, das Ausgleichs-Hochreservoir möglichst nahe an die Verbrauchsstelle zu rücken, damit die Länge der Zuführung vom ersteren nach dem letzteren möglichst kurz ausfällt. Dadurch wird der Druckverlust in derselben ein möglichst geringer, was wieder zur Folge hat, daß an der Weite der Leitung gespart werden kann.

Bei größeren Reservoiren ist es vorteilhaft, dieselben in Abteilungen zu zerlegen, sodaß eine Kammer entleert, gereinigt oder repariert werden kann, während der übrige Raum in Benutzung bleibt. Zufluß und Abfluß sind nicht nebeneinander, sondern an entgegengesetzten Enden des Behälters anzubringen, damit eine gleichmäßige Erneuerung des Wassers stattfindet. Um diese noch mehr zu fördern, teilt man jeden Behälter zwischen Ein- und Austritt durch Querwände, welche abwechselnd an der einen und an der entgegengesetzten

Außenwand durchbrochen sind, wie dies in der Fig. 28 schematisch veranschaulicht ist. Hierdurch ist das in den Behälter zu und aus demselben abfließende Wasser gezwungen, sich in einer Schlangenlinie gleichmäßig durch denselben fortzubewegen, zugleich wird das Wasser verhindert, in einzelnen Raumteilen des Reservoirs in Ruhe zu verbleiben. Jedes Reservoir ist mit Ueberlauf- und Entleerungsleitung zu versehen.

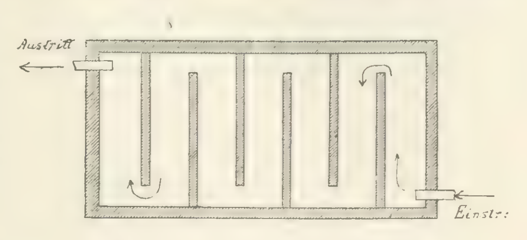
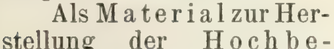



Fig. 28. Reservoir-Konstruktion.



Als **Material** zur Herstellung der **Hochbehälter** dient in der Regel Stein oder Eisen. Ist in der Nähe der Verbrauchsstelle ein geeigneter Höhepunkt vorhanden, so errichtet man das Reservoir im Fels oder im Erdboden wasserdicht aus Steinen von einem Thonschlag umschlossen, überwölbt es und überdeckt das mit Lüftungsöffnungen versehene Gewölbe mit Erde, um den Wasserinhalt dem Einflusse der Lufttemperatur zu entziehen.

Zur Beobachtung des Wasserstandes bringt man einen Schwimmer mit Skala an. Die Anzeigen desselben kann man durch elektrischen Kontakt und durch Leitung nach entfernten Punkten übertragen und dort sichtbar machen, auch durch Diagramme verzeichnen.

Findet sich kein geeigneter natürlicher Höhepunkt vor, so ist man genötigt, einen solchen künstlich durch einen Turmbau zu schaffen, auf welchen man in solchem Falle den aus Schmiedeeisen gefertigten Behälter stellt und umbaut. Auch hier muß möglichst für Abhaltung der äußeren Lufttemperatur, von Staub und Ruß etc. gesorgt werden. Um im Winter Eisbildung zu verhindern, ist in manchen Fällen für ein solches Reservoir eine Heizvorrichtung erforderlich.

In der folgenden Tabelle sind die Reservoirinhalte einiger deutschen Wasserwerke mit den durchschnittlichen Tagesquanten nach der Statistik des deutschen Vereins von Gas- und Wasser-Fachmännern zusammengestellt.

(Siehe Tabelle S. 481.)

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, daß der Reservoirinhalt bei maschineller Hebung, trotz einiger erheblicher Abweichungen der Einzelanordnungen unter einander, durchschnittlich der Differenz zwischen dem Tagesmaximum und dem Tagesdurchschnitt der Förderung entspricht, daß derselbe bei Quellwasserleitungen jedoch erheblich größer gewählt wird, was darin seine Begründung findet, daß hier das Bedürfnis hinzutritt, für den Fall der Unterbrechung der in der Regel längeren Zuflußleitung einen gewissen Wasservorrat aufzusammeln und bereit zu haben.

In Orten, wo **Hausreservoire** üblich sind, können dieselben durch ihre große Zahl die Hauptreservoire ersetzen oder ergänzen; die Gemeindeverwaltung überträgt gewissermaßen ihre Verpflichtung der Wasseraufspeicherung auf die Konsumenten. Solche Hausreservoire bieten jedoch besondere Nachteile. Einmal geben sie,

da sie mit Ueberstandsrohr versehen sein müssen, Veranlassung zu bedeutenden Wasserverlusten, ferner sind solche Hausreservoire der Verunreinigung ausgesetzt, schwer zu kontrollieren und zu reinigen und daher hygienisch bedenklich. Sie haben sich dort, wo sie angewendet worden sind, als eine zweckmäßige Einrichtung nicht bewährt.

Eine Wasserversorgung mit künstlicher Hebung des Wassers

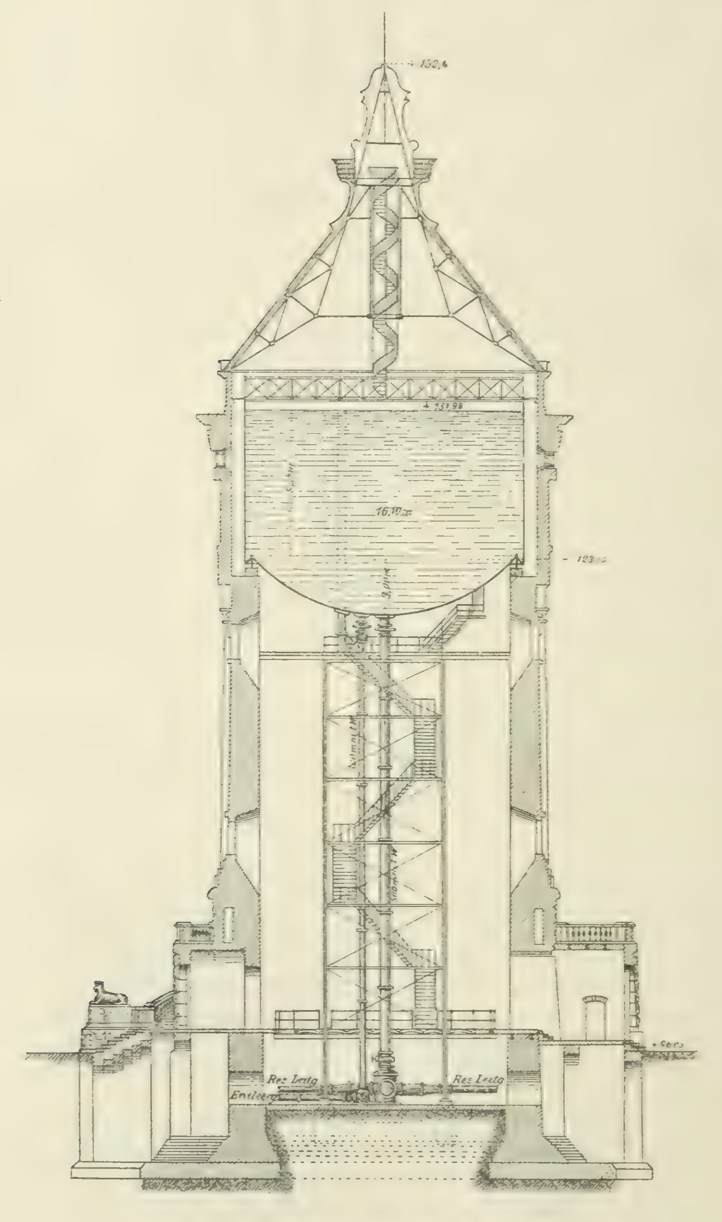


Fig. 29. Wasserturm der Stadt Mannheim.

**Tabelle der Wasserinhalte von Hochreservoiren.**

| Wasserwerke mit natürlichem Gefälle | | | Wasserwerke mit künstlicher Hebung | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ort | Tagesquantum cbm | Reservoirinhalt cbm | Ort | Tagesquantum cbm | Reservoirinhalt cbm |
| München | 38 560 | 37 500 | Berlin | 97 017 | 40 000 |
| Frankfurt a. M. | 20 023 | 30 000 | Magdeburg | 18 100 | 13 365 |
| Danzig | 10 111 | 5 000 | Altona | 14 532 | 19 590 |
| Basel | 7 931 | 4 000 | Stettin | 13 277 | 3 000 |
| Nürnberg | 9 801 | 8 000 | Königsberg | 9 794 | 5 500 |
| Wiesbaden | 4 835 | 7 400 | Posen | 3 238 | 4 000 |
| Gotha | 2 000 | 2 850 | Worms | 2 630 | 1 200 |
| Eisenach | 1 500 | 640 | Frankfurt a. O. | 2 378 | 1 600 |
| Plauen | 2 000 | 2 194 | Köln | 40 475 | 3 738 |
| Bayreuth | 1 452 | 2 000 | Dortmund | 28 733 | 7 500 |
| Lindau | 664 | 260 | Dresden | 22 790 | 20 000 |
| Offenbach | 1 357 | 2 500 | Barmen | 14 285 | 9 200 |
| Greiz | 462 | 540 | Hannover | 13 386 | 10 923 |
| Gießen | 360 | 1 000 | Mannheim | 3 960 | 2 000 |
| | 101 056 | 103 884 | | 284 595 | 141 616 |

kann gänzlich ohne Hochreservoir betrieben werden. In solchem Falle ist ein offenes Standrohr als Sicherheitsrohr erforderlich; dasselbe wird zweckmäßig mit einem Rücklaufrohr verbunden, damit das bei unbeabsichtigt zu hoch gesteigerter Druckhöhe überlaufende Wasser in den Reinwasserbehälter zurückfließen kann. Bei großem Inhalt des Rohrsystems im Verhältnis zur Hubleistung der Pumpen, und wenn der durch letztere erzeugte Druck genügend beobachtet und geregelt wird, kann auch das Standrohr ohne Nachteil ausgeschaltet werden.

Die Wasserversorgung von Berlin, z. B. arbeitet für das Hauptversorgungsgebiet der Stadt durch die Pumpstationen Charlottenburg und Lichtenberg nur mit Zwischenreservoiren und ohne Hochbehälter; solche sind nur für die beiden Werke: Belforter Straße und Tempelhofer Berg, welche kleinere hochgelegene Stadtbezirke versorgen, in Benutzung.

Ueber Reservoire für Feuerlöschzwecke vergl. Büsing[1].

1) **Büsing**, *Hyg. Rdsch.* (1894) 670.

## VIII. Kapitel.

# Hauptrohrnetz und Leitungsdruck.

Dem Rohrnetz fällt die Aufgabe zu, das von dem Hochreservoir oder der Pumpe mit der erforderlichen Druckhöhe aufgenommene bez. gehobene Wasser an die Verbrauchsstellen zu leiten und mit Ueberwindung der durch die Bewegung des Wassers entstandenen Reibungsverluste überall und bis zu den am höchsten gelegenen Wohnungen des Versorgungsgebietes mit ausreichendem hydraulischen Druck und in zureichender Menge zur Entnahme zu schaffen. Da Druck und Ausflußmenge abhängig sind von der Länge und dem lichten Quer-

schnitte der Rohrleitungen, wird bei der Anlage oder Erweiterung eines Rohrsystems diesen beiden Faktoren die größte Berücksichtigung zu Teil werden müssen. Das Rohrnetz muß ausreichen für den größten stündlichen Wasserbedarf der zu versorgenden Bevölkerung, und zwar die Haupleitung für die Gesamtzahl, die Zweigröhren und Teile des Rohrnetzes für die Bevölkerungszahl ihrer betreffenden Bezirke.

Ausgehend von dem früher ermittelten Durchschnitts-Wasserverbrauch für den Kopf und Tag, dem hieraus abzuleitenden Tages-Maximum von 150 l und dem Verhältnisse des Verbrauches der verschiedenen Tagesstunden zu einander, unter Zugrundelegung ferner einer Wassergeschwindigkeit von 0,8 bis 1,25 m in der Sekunde, auch unter Berücksichtigung des zu erwartenden Bevölkerungszuwachses lassen sich die erforderlichen und hinreichenden Weiten eines Rohrnetzes feststellen, die Teile desselben gestalten. Im allgemeinen werden hierdurch die Rohrdurchmesser mit der Entfernung von dem Hochreservoir oder der Pumpstation an Weite abnehmen können.

In der Regel entsteht an der Stelle, wo das Hauptzuführungsrohr in das Versorgungsgebiet eintritt, eine Art Knotenpunkt, in welchem ersteres sich in mehrere Arme teilt. Wenn diese, nach verschiedenen Richtungen laufend, neue Abzweige bilden, die sich bis an die Grenzen des Versorgungsgebietes weiter verästeln und hier in geschlossenen Enden auslaufen, so nennt man ein solches Rohrsystem ein Verästelungssystem (Fig. 30). Es ist dies die ältere Anordnung eines Rohrnetzes. Sie hat den Nachteil, daß der Leitungsdruck mit dem Vorschreiten der Verästelung abnimmt und daher an den entferntesten Punkten der geringste ist und leicht ein ungenügender wird; ein hygienischer Mangel dieses Systems ist ferner, daß in den Enden der Röhren sich Wasser aufhält, welches selten oder gar nicht erneuert wird, und daher eine schlechte Beschaffenheit annimmt.

Besser ist die neuere und jetzt wohl allgemein angenommene Gestaltung eines Wasserrohrnetzes, bei welcher die Teilung des Hauptrohres in ringförmig sich um und in dem Versorgungsgebiet wieder schließende Abzweige vorgenommen wird, zwischen welchen die kleineren Ver-

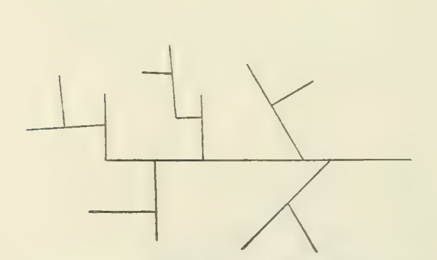


**Fig. 30. Schema der Verästelung eines Rohrnetzes.**

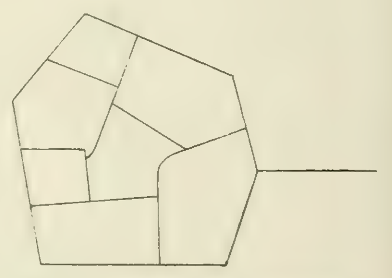


**Fig. 31. Schema eines Zirkulationsröhrennetzes.**

teilungsröhren netzförmig so eingelegt sind, daß sie stets oder thunlichst an beiden Enden Anschluß an größeren Hauptröhren haben. Diese Anordnung, das Cirkulationssystem (Fig. 31), bei welchem jedes Verteilungsrohr von zwei Seiten Wasser erhält und nach zwei Richtungen abgeben kann, gestattet eine gleichmäßigere Verteilung des Druckes in dem Versorgungsgebiet, vermeidet stagnierende An-

sammlungen, gewährt dazu die Möglichkeit, mit geringeren Rohrdimensionen auszukommen. Bei richtiger Anordnung der Absperrvorrichtungen tritt außerdem der Vorzug hinzu, daß bei der erforderlichen Ausschaltung eines Hauptrohres etwa infolge eines Bruches oder Leckwerdens die Einstellung der Wasserzuführung nur ein Gebiet von geringer Ausdehnung trifft, während bei dem Verästelungssystem mit der Absperrung einer Hauptader alle durch diese versorgten Konsumenten ohne Wasser bleiben.

Die Forderung, daß von einer Absperrung der Wasserleitung behufs Vornahme einer Reparatur möglichst kleine Stadtbezirke oder Straßenteile betroffen werden, darf als um so dringender und berechtigter anerkannt werden, je tiefer die Störung in die Hauswirtschaft eingreift, also z. B. in großen Städten mit vielstöckigen Gebäuden bei auf Wasserspülung beruhender Kanalisation, namentlich aber beim Schadenfeuer. Es ist daher hier geboten, das Rohrnetz so reichlich mit Absperrschiebern zu versehen, daß in der Regel jede zwischen 2 Abzweigen belegene Rohrstrecke für sich ausgeschaltet werden kann. Auch empfiehlt es sich, hier Einrichtungen zu treffen, durch welche jedes Haus von einer bevorstehenden Absperrung, soweit die Notwendigkeit einer solchen nicht plötzlich und unvorhergesehen eintritt, benachrichtigt werden kann, damit Schäden und Unannehmlichkeiten an Klosettanlagen, welche durch unerwartetes Fehlen der Wasserspülung entstehen können, möglichst vorgebeugt wird.

Bei Rohrnetzen, welche durch den, abgesehen von den Schwankungen des Wasserstandes, konstanten Druck eines Hochwasserreservoirs gespeist werden, nimmt der hydraulische Druck in den Verteilungsröhren mit der Größe des Wasserkonsums ab. Betriebe, bei welchen das Wasser durch die Maschinenkraft unmittelbar in die Röhren getrieben wird, bieten dagegen den Vorteil, daß der Druck durch die Maschinenarbeit der Größe des Wasserkonsums angepaßt, bei Zunahme desselben gesteigert, bei Abnahme vermindert und erspart, an den Verbrauchsstellen daher annähernd stets der gleiche Druck erhalten werden kann.

In kleinen Städten wird man meistens mit einem Verteilungsrohrstrang in jeder Straße auskommen, großstädtische Bebauung macht dagegen als Regel die Verlegung eines Verteilungsrohres auf jeder Straßenseite erforderlich. Diese Doppelröhren sind dann in passenden Abständen zu vereinigen und mit gemeinsamem Absperrschieber zu versehen.

Die zur Benutzung für öffentliche Zwecke, Straßenbesprengung, Rinnstein- oder Kanalspülung, Feuerlöschung, erforderlichen **Strassenhydranten** sind an passenden Stellen in nicht zu weiten Abständen anzubringen. Als solche gelten 50—100 m. Die Hydranten sollen leicht zu finden sein: die Lage von Unterflurhydranten muß daher durch Straßenschilder an den Häusern kenntlich gemacht werden.

Die Konstruktion der Hydranten soll eine solche sein, daß sie ein leichtes Einsetzen von Standröhren, schnelles Oeffnen und Schließen gestatten und daß sie im Winter nicht einfrieren. Es empfiehlt sich, die Auflageflächen der Straßendeckel von Hydranten und Schiebern für den Winter einzufetten, um ein Festfrieren derselben zu verhindern. Ueberflurhydranten sind daher mit einer wirksamen Entwässerungsvorrichtung zu versehen. Die Konstruktion der Hydranten

ist im übrigen eine sehr mannigfaltige und an sich für die Hygiene ohne Bedeutung. Erforderlich ist jedoch, daß sämtliche Hydranten eines Rohrsystems bez. eines Versorgungsgebiets die gleiche und dazu bezüglich der Anschlußstücke genau übereinstimmende Ausführung besitzen, damit Störungen in der Benutzung derselben, namentlich bei Feuersgefahr, ausgeschlossen sind. Eine Hydranten-Konstruktion, welche sich als brauchbar und dauerhaft bewährt hat, der sogenannte Berliner Hydrant, ist in Fig. 32 auf S. 485 wiedergegeben.

In Fig. 32 stellt *R* das im Boden liegende Wasserrohr dar, auf dessen Flantsch-Stutzen *F* das Hydrantventil *V* aufgeschraubt ist. *G* und *G'* bilden das Bodengehäuse des Hydranten, $F_1$ und $F_2$ den Fahrkasten, dessen Deckel *D* in der Straßenoberfläche liegt.

Die Feuerwehren benutzen die Hydranten der Wasserleitungen in der Regel in der Weise, daß sie das Wasser zum Speisen von Handdruck- oder Dampfspritzen aus der Leitung entnehmen und dem Wasserstrahl erst mit Hilfe dieser ihrer Apparate den erforderlichen Feuerlöschdruck geben, seltener, indem sie den vorhandenen Leitungsdruck direkt zur Feuerlöschung verwenden. Der Deutsche Verein der Gas- und Wasserfachmänner hat sich in seinen Verhandlungen, namentlich in Heidelberg 1880 und in Salzburg 1886, mit der von den Feuerwehren in dieser Beziehung an den Wasserleitungsdruck zu stellenden Anforderung eingehend beschäftigt. Das Ergebnis dieser Verhandlung ist eine Bestätigung der bereits früher üblichen Annahme bez. Anwendung eines minimalen Leitungsdruckes in den Straßenröhren von etwa 20 m Wassersäule in kleineren und von etwa 30 m Höhe in Großstädten, sowie die Auffassung, daß durch die Bedürfnisse des Feuerlöschwesens die Erzeugung eines höheren Leitungsdruckes nicht gerechtfertigt wird. In den angezogenen Verhandlungen[1] findet sich eine Tabelle über den Leitungsdruck in 58 Städten zugleich über die Zahl, Entfernung und Art der Hydranten, Angabe der für Feuerlöschzwecke verbrauchten Wasserquanten u. s. w.

Die Minimaltiefe im Erdboden, in welcher die Wasserröhren zu verlegen sind, ist etwas größer zu nehmen, als der Winterfrost erfahrungsmäßig in den Boden eindringt, in Deutschland etwa 1,4 bis 1,6 m. Im allgemeinen wird hierbei ein Rohrstrang den Hebungen und Senkungen des Straßenprofils folgen. Hauptröhren und Röhren von größerem Durchmesser sind daher an den Höhepunkten mit selbstthätigen Entlüftungsventilen oder mit von Hand zu bedienenden Lufthähnen zu versehen und erhalten an den Tiefpunkten Entleerungsleitungen mit geeigneter Vorflut, um im Falle der Notwendigkeit einer Entleerung des Rohres diese schnell und sicher bewirken zu können.

Die größten in Deutschland bisher zur Anwendung gekommenen Rohrweiten sind 1200 bis 1220 mm; die geringste Weite der Verteilungsröhren soll man mit Rücksicht besonders auf das Bedürfnis der Feuerlöschung nicht kleiner als 100 mm wählen.

Das wichtigste und verbreitetste Material der Röhren eines Straßenrohrnetzes ist Gußeisen. Für Unterführungen von Leitungen, sogenannten Dückerröhren, unter Flüsse, Kanäle, sowie Ueberführungen über Brücken u. s. w. werden häufig schmiedeeiserne genietete, auch ge-

Längenschnitt.

1:5

Fig. 32. Berliner Straſsenhydrant. (Erklärung siehe S. 484.)

schweißte Röhren verwendet. In neuerer Zeit sind auch Stahlröhren der Mannesmann-Werke zur Anwendung gekommen. Die gußeisernen Röhren erhalten meist Muffen-, die schmiedeeisernen Flanschenverbindungen. Erstere werden mit verstemmtem Blei, letztere mit Gummischeiben gedichtet. Die Formen der Muffen und Flanschen sind in immerhin geringen Grenzen sehr mannigfaltige. Zu empfehlen ist es, sich den von dem Deutschen Verein der Gas- und Wasserfachmänner in Verbindung mit dem Verein deutscher Ingenieure festgestellten Rohrnormalien anzuschließen.

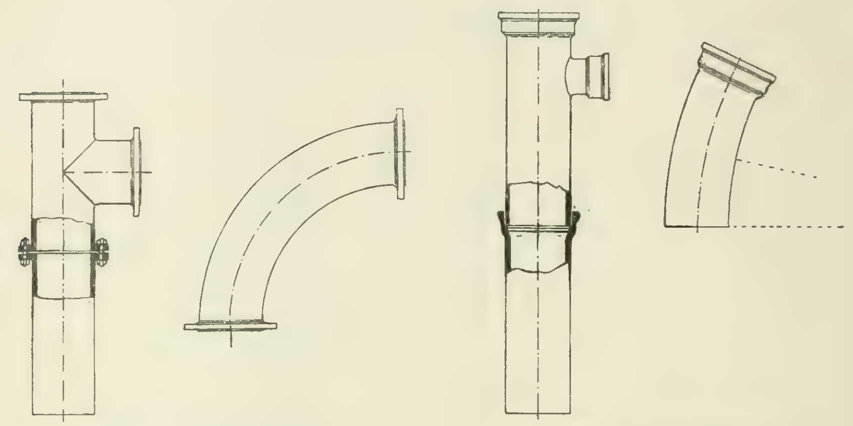


Fig. 33. Flanschenröhren. Fig. 34. Muffenröhren.

Um bei der Muffendichtung das Einfließen des eingegossenen Bleies in das Innere des Rohres zu verhindern, wird die Muffe mit Hanfstrick „verstrickt". Der Hanfstrick dient nicht als Dichtmaterial, sondern nur als Unterlage für das Blei; er verrottet im Laufe der Zeit in Berührung mit dem Wasser, seine Verwesungsprodukte teilen sich dem letzteren mit, seine Anwendung erscheint daher hygienisch nicht einwandfrei. In Röhren, welche lange Jahre im Betrieb gewesen, findet man statt des Hanfstrickes nur noch eine schwarze schlammige Masse. Man sollte daher bemüht sein, bei der Muffendichtung die Verstrickung entbehrlich zu machen. Reiner Gummi scheint sich hierfür besonders zu eignen, da er einen hohen Grad von Unveränderlichkeit besitzt und nicht in Berührung mit dem Wasser verwittert.

Die eisernen Röhren werden innen und außen mit einem Asphaltüberzug versehen, der auf das erwärmte Rohr aufgetragen wird, damit er möglichst in die Poren des Gußeisens eindringt. Dieser Asphaltüberzug ist anfänglich weich und zäh und schützt die Rohrwandung eine Reihe von Jahren gegen den Angriff durch den Sauerstoff der im Wasser enthaltenen Luft. Mit der Zeit jedoch oxydiert dieser den Asphaltüberzug selbst, wodurch er spröde und rissig wird. In den Rissen kommt das Wasser mit dem metallischen Eisen in Berührung, es entwickeln sich auf demselben Rostknollen, die sich, indem sie den Asphaltbelag verdrängen, auf der Rohrwandung ausbreiten und diese schließlich ganz bedecken. Dadurch wird die ursprüngliche Rohrweite verengt. Bei nicht asphaltierten Röhren

geht die Bildung der Rostknollen schneller vor sich als bei asphaltierten. Diese Rostknollen haben im frischen Zustande eine Rinde von schalenförmiger Struktur und einen aus einer schwarzen schlammigen Masse bestehenden Kern und stellen verschiedene, nach innen abnehmende Oxydationsstufen des Eisens dar. An die Luft gebracht, geht die ganze Masse in rotgelben Eisenocker über. Bei Röhren von kleinerem Durchmesser kann die Verengung derselben durch die Rostbildung so erheblich werden, daß eine hochgradige Verminderung des Wasserdurchflusses eintritt; in solchem Falle müssen die Röhren durch neue ersetzt oder in der Leitung mechanisch gereinigt werden.

Ein besonderes Verfahren der Rohrreinigung ist von dem Verfasser[2] für die älteren Verteilungsröhren des Berliner Rohrnetzes angewendet und durchgeführt worden.

Bei einer neu in Benutzung genommenen asphaltierten Rohrstrecke nimmt das Wasser von dem Asphalt einen unangenehmen Geschmack an; es ist daher wünschenswert, das Wasser solcher Rohrstrecken in den ersten Tagen nach der Inbetriebnahme durch Ablassen aus den Straßenhydranten mehrmals zu erneuern.

1) **E. Grahn**, *Bericht über den nötigen Druck in Wasserleitungen, München* 1885.
2) **G. Oesten**, *Die mechanische Reinigung gußeiserner Wasserleitungsröhren in der Leitung in Berlin, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure* 24. *Bd.* (1890) 583.

## IX. Kapitel.

# Die Hausleitungen.

### 1. Anschluß der Hausleitungen an die Straßenröhren.

Um eine Hausleitung an das Straßenrohr anzuschließen, wird letzteres entweder angebohrt, oder es wird namentlich für größere Zuleitungen ein Stück aus dem Verteilungsrohr herausgeschnitten und dafür mittels Ueberschieber ein Spundrohr mit Abzweig eingesetzt. An den Abzweig wird zunächst ein Schieber als Hauptabsperrhahn der Zuleitung und an diesen die weitere Leitung ins Haus angeschlossen. Bei dieser Arbeit wird das Straßenrohr abgesperrt und entleert. Beim Wiederschließen desselben ist darauf zu halten, daß keine Unreinigkeiten in das Rohr gelangen.

Die Anbohrung erfolgt mittels Anbohrschelle mit Hahn und Anbohrzeug ohne Absperrung des Rohres unter Druck.

Jede Zuleitung erhält außer dem Hauptabsperrhahn auf der Straße, welcher nur der Verwaltung zugänglich ist, einen solchen innerhalb des zu versorgenden Grundstückes unmittelbar an der Straßenfront, den Privatabsperrhahn, mit welchem der Hausbesitzer die gesamte Hausleitung abzusperren imstande ist. An diesen Privatabsperrhahn schließt sich unmittelbar der Wassermesser (s. u.) an, wo ein solcher vorhanden ist, und an diesen die weiterführende Hausleitung. Es ist zweckmäßig, hinter dem Wassermesser zunächst noch einen Absperrhahn anzubringen, um die Auswechselung des Messers bei Schließung beider Hähne ohne Wasserauslauf bewirken zu können. Wassermesser und Privatabsperrhähne sind durch ein zweckmäßiges Gehäuse gegen Beschädigung und Frost zu schützen. Fig. 35 S. 488 stellt eine Zuleitung dar, wie sie in Berlin ausgeführt wird.

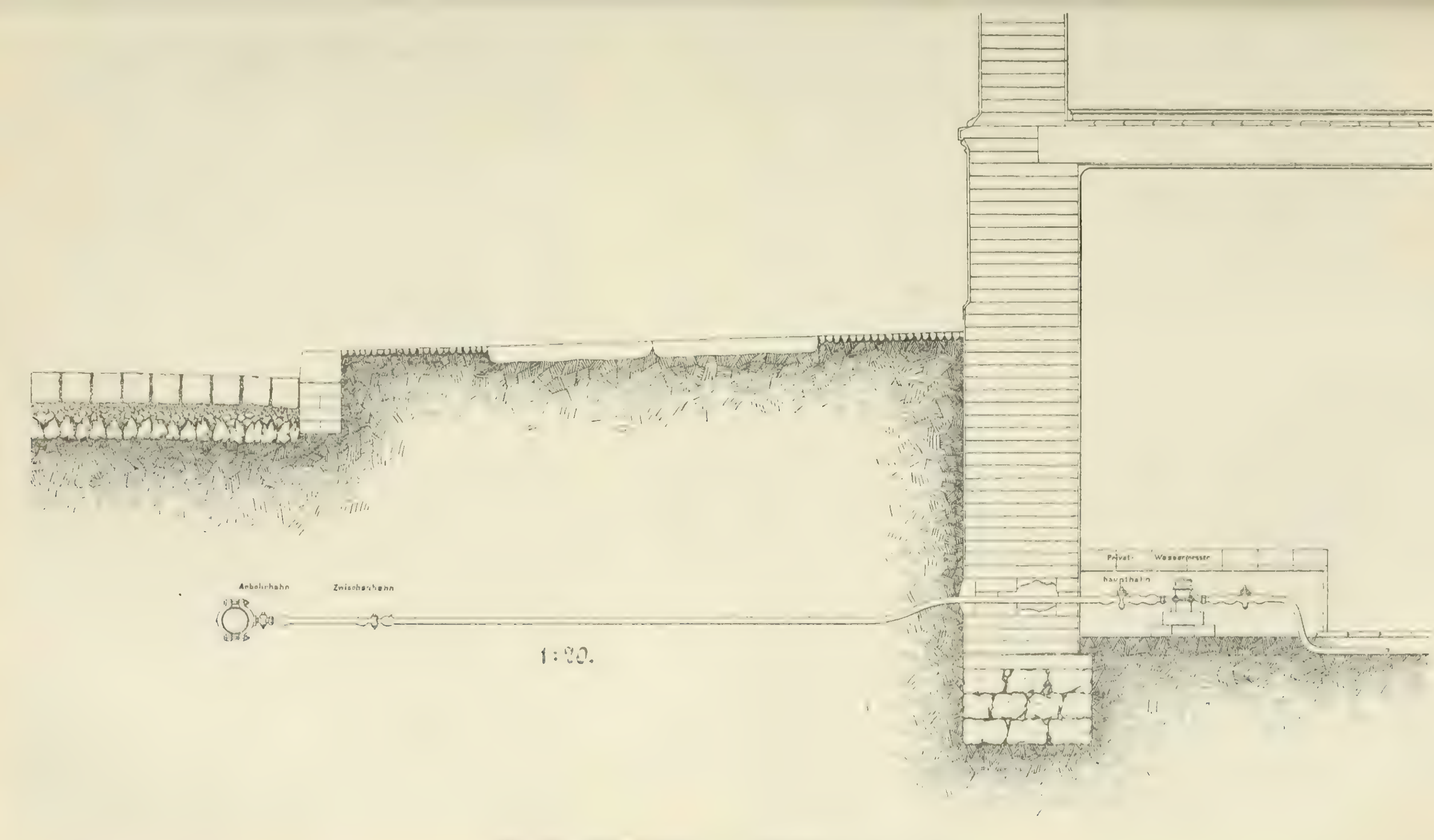



Fig. 35. Haus-Zuleitung mit Wassermesser in Berlin.

## 2. Die Wassermesser.

Der wichtigste Apparat in der Zuleitung ist der Wassermesser. Da die Bedeutung desselben für eine geordnete Wasserversorgung immer mehr Anerkennung erfährt, wird es gerechtfertigt sein, auf Konstruktion und Eigenschaften dieses Meßapparates und die an denselben zu stellenden Anforderungen etwas näher einzugehen.

Der Wassermesser soll vor allen Dingen die größten wie die geringsten Wasserdurchflußmengen dauernd genau anzeigen, er soll in sich keine Verengung des Durchgangsquerschnittes enthalten, zu seinem Betriebe keine erhebliche Wasserkraft absorbieren und dementsprechend keinen nennenswerten Druckverlust erzeugen. Er muß gegen Beschädigung wirksam geschützt sein: der Stand des Zählwerkes soll sich leicht und sicher ablesen lassen.

Das Gewicht des Messers muß möglichst gering sein; er muß sich leicht transportieren, in die Leitung aus- und einschalten, reinigen und reparieren lassen. Der Preis muß möglichst niedrig sein. Ein Haupterfordernis ist dazu, daß der Wassermesser, wenn er zum Stillstand kommt, den Wasserzufluß zum Hause nicht hindert oder ganz versperrt. Es darf unter einer Unordnung im Messer die Wasserversorgung des Hauses nicht leiden.

Die Zahl der Wassermesser-Konstruktionen, welche diesen Anforderungen mehr oder weniger genügen oder nicht genügen, ist eine sehr große. Fast alle lassen sich jedoch in 2 Hauptkategorien teilen:

a) die Kolbenwassermesser,

b) die Flügelradwassermesser.

Die Kolbenmesser wirken in der Weise, daß in der Regel cylindrische Räume durch die Bewegung selbstgesteuerter Kolben abwechselnd mit Wasser gefüllt und entleert werden und daß die Zahl dieser Füllungen von abgemessenem Inhalt durch ein Zählwerk registriert wird.

Der Vorzug dieser Messer, zu denen die von Schmid, Kennedy, Frost, Frager etc. gehören, ist große Genauigkeit bei kleinen Durchflußmengen, namentlich solange dieselben neu, die Kolbendichtungen in gutem Zustande sind. Ihre Mängel liegen in dem großen Gewicht, dem hohen Preis, dem erheblichen Druckverlust, vor allem aber darin, daß sie, wenn infolge starken Anwachsens der Reibungswiderstände zum Stillstand gekommen, den Wasserdurchfluß absperren. Wassermesser dieser Art haben daher in Deutschland bis jetzt wenig Eingang gefunden.

Die andere Klasse, die Flügelradmesser, bei welchen ein Flügelrad durch in bestimmte Richtung geleitete Wasserstrahlen getroffen und in Umdrehung versetzt wird, verbindet dagegen mit den Vorzügen einer geringen, leicht transportablen Masse handliche Form, niedrigen Preis. Wassermesser dieser Art erzeugen nur geringen Druckverlust, wenn sie keine Verengung des Durchgangs enthalten, und hemmen beim Stillstand nicht den Wasserzufluß zum Hause. Der Mangel der Flügelradwassermesser besteht allein darin, daß sie für kleine Durchflußmengen nicht empfindlich genug sind, mit abnehmender Größe derselben an Genauigkeit verlieren.

Diesem Mangel ist durch die öfters angewendete Kombinierung eines größeren Messers mit einem kleineren mittels eines belasteten Ventils

nicht abzuhelfen, da durch diese Anordnung die Ungenauigkeit des Hauptmessers nicht aufgehoben, sondern nur an eine größere Durchflußmenge verschoben wird. Die Bestrebungen der Fabrikanten solcher Messer sind daher in dem Maße, als die Ansprüche der Verwaltungen an die Empfindlichkeit der Wassermesser für kleine Durchflußmengen wachsen, mehr und eingehender darauf gerichtet, durch sorgfältigere Ausführung, Verminderung der bewegten Masse etc. die Reibungswiderstände des Motors zu vermindern. Von den Flügelradwassermessern haben sich besonders Anerkennung und Verbreitung verschafft die von Siemens & Halske, Meinecke, Rosenkranz, Leopolder, Spanner, der Breslauer Metallgießerei Schinz etc. Statt Messing wird für die arbeitenden Teile gegenwärtig häufig Hartgummi angewendet.

Ein Wassermesser neuester Konstruktion ist der von Siemens & Halske nach der Erfindung von Oesten angefertigte Flügelradmesser mit Regulierschütze, bei welchem der Verlust an Wirkungsgrad des Motors mit abnehmender Durchflußmenge durch eine in gleicher Weise entgegengesetzt und selbstthätig wirkende Steigerung der Eintrittsgeschwindigkeit der treibenden Wasserstrahlen ausgeglichen wird. Diese Wassermesser zeigen auch ganz minimale Ausflußmengen richtig an.

Die sachgemäße Behandlung der Wassermesser im Betriebe erfordert natürlich Reinhaltung ihrer inneren Teile vor und bei der Einschaltung in die Leitung — insbesondere ist auch darauf zu halten, daß diese Teile nicht mit Oelfüllung versehen sind, welche das Leitungswasser verunreinigen würde —, ferner die Kontrolle des Wassermesserstandes in gewissen regelmäßigen Zeitabschnitten, etwa alle 3 bis 4 Wochen, die Verständigung des Wasserkonsumenten über die Stellung des Zählwerkes und etwaige Wasserverluste, die Auswechselung des Wassermessers, sobald Störungen an demselben bemerkbar werden, spätestens aber nach einer Betriebszeit von 4 bis 5 Jahren, endlich die Reparatur und Wiederherstellung des Wassermessers in eine dem neuen gleichwertigen Zustand vor der Wiedereinschaltung.

### 3. Die Wasserleitung im Innern der Häuser.

Die Wasserleitung im Hause, die sich in ihrem geringsten Bestande wohl auf das Vorhandensein einer Zapfstelle beschränkt, welche, gewissermaßen den Hausbrunnen darstellend und ersetzend, zur Entnahme des Wassers für alle Zwecke dient, alsdann nur ein einzelnes Leitungsrohr vom Privathaupthahn erfordert, bietet in ihrer vollen Entwickelung Wasser an allen Verbrauchsstellen und für alle Zwecke. Zunächst sind es die Küchen und die Waschküche (Bd. 4 d. Handb.), deren Bedürfnisse durch die Zapfhähne befriedigt werden. Dazu kommen Klosetts und Pissoirs mit Wasserspülung (Bd. 2 und Bd. 4 d. Handb.), wenn durch Kanalisation für genügende Vorflut gesorgt ist, Badeeinrichtungen mit einem Zapfhahn für das direkte zufließende kalte, einem zweiten für das zu seiner Erwärmung durch den Badeofen fließende Wasser und einem dritten für die Brause (Bd. 6 d. Handb.). Ferner Zapfstellen für Küchenspültische, für Waschtoiletten, für Hof- und Gartenbewässerung sowie für die Wasserversorgung von Stallanlagen. Hierzu kommen in manchen Hauseinrichtungen Springbrunnen und

Feuerlöschhähne. Für gewerbliche Zwecke wird das Wasser zum Betriebe von Motoren und Aufzügen, Ventilatoren, Bierdruckapparaten, Spül- und Kühlvorrichtungen, zum Speisen von Dampfkesseln etc. in Benutzung genommen.

Die Wasserleitung im Hause, welche alle diesen Verwendungszwecken des Wassers oder auch nur einem Teile desselben genügt, stellt ein ganzes stark verzweigtes Rohrnetz mit mancherlei Apparaten dar (vgl. Asmann[1]). Es ist hier nicht der Raum, diese Einrichtungen im einzelnen zu beschreiben und zu besprechen. Die gegenwärtige Darstellung muß sich vielmehr darauf beschränken, die allgemeinen Gesichtspunkte hervorzuheben, welche in der Anlage und Bedienung der Hauswasserleitung dem Interesse der Hygiene förderlich bez. nachteilig sind. Diese Gesichtspunkte werden sich hauptsächlich beziehen auf die Vermeidung von Störungen im Wasserbezuge und von Verunreinigungen der Leitung, und sich in einige Regeln, welche die Erfahrung gelehrt hat, zusammenfassen lassen.

Von dem Hauptrohr des Hauses, welches, vom Hauptabsperrhahn und Wassermesser ausgehend, in der Regel seinen Weg unter der Kellersohle entlang nach dem Hofe nimmt (siehe Fig. 35 S. 488), zweigen Rohrstränge ab, welche, vertikal an den Innenwänden des Hauses hoch geführt, die Küchen, Klosetts, Badeeinrichtungen versorgen, ein Abzweig führt nach der Waschküche, andere nach dem Garten, den Ställen, den Räumen für Gewerbebetrieb etc. Es ist nun eine Hauptregel für die Anlage und Benutzung der Hausleitung, daß alle solche Abzweigröhren einzeln für sich abstellbar sind, damit die zum Zweck einer Erneuerung oder Ergänzung an irgend einer Stelle erforderliche Absperrung nur diesen Teil der Leitung trifft, alle übrigen Verbrauchsstellen aber in ihrer Wasserentnahme nicht stört. Es ist dazu weiter nötig, daß diese Absperrstellen gut bekannt und leicht zugänglich sind. Bei größeren Grundstücken, Grundstückskomplexen, deren Rohrnetz zweckmäßigerweise nach dem Cirkulationssystem (S. 482) angelegt ist, erscheint es dienlich, einen Grundstücksplan zu besitzen, auf welchem sämtliche Röhren und Absperrhähne deutlich und übersichtlich verzeichnet sind.

Nächstdem ist ein Haupterfordernis, daß sämtliche Rohrleitungen frostfrei, d. h. so und an solchen Wänden und in solchen Räumen des Hauses angebracht werden, daß der Winterfrost an dieselben nicht gelangen kann. Auf die Umwickelung oder sonstige Bekleidung der Röhren mit schlechten Wärmeleitern ist hierbei weniger Wert zu legen als auf die Sicherheit des Orts. In dieser Beziehung ist es gut an die Erfahrungen und Leistungen der Wasserrohrleger die weitgehendsten Anforderungen zu stellen, sich mit mangelhafter Ausführung nicht zu begnügen, insbesondere auch nicht mit der Einrichtung, daß bei Frostwetter eine Leitung abgesperrt und entleert werden soll. Diese noch vielfach übliche Einrichtung einer Hausleitung, bei welcher durch sog. Privathähne mit Entwässerung dieselbe oder Teile derselben zeitweise abgesperrt und entleert werden, ist nicht ohne sanitäre Bedenken. Einmal weil sie die Wasserentziehung über das durch ganz unvermeidliche Fälle gegebene Maß hinaus fördert, sodann weil durch öfteres Entleeren und Wiedereinlassen einer Leitung derselben Stöße und Wasserschläge zugefügt werden, welche auf den dichten Bestand der Röhren, Rohrverbindung und der Ventile einen nachteiligen Einfluß ausüben und dadurch zu

neuen Absperrungen Anlaß geben, ferner aber auch, weil jede Entleerung Gelegenheit zur Verunreinigung der Leitung geben kann.

Solche Verunreinigungen können bei mangelhafter Einrichtung der Apparate zur Benutzung der Wasserleitung dadurch entstehen, daß bereits ausgeflossenes und benutztes Wasser durch die sich entleerende Rohrleitung wieder aufgesogen und dadurch in dieselbe wieder eingeführt wird. Hieraus ergiebt sich eine weitere Hauptregel für die Wasserleitungs-„Installation“, nämlich die, daß niemals das ausfließende Wasser unterhalb des Wasserspiegels eines bereits ausgeflossenen Wasserquantums austreten darf, weil bei solcher Anordnung infolge der Heberwirkung der Rohrleitung beim Aufhören des Leitungsdruckes und rückläufiger Bewegung des Wassers ein Zurücktreten des bereits ausgeflossenen Wassers in die Leitung stattfinden muß.

Daher darf z. B. die Einmündung von Zuflußröhren in Hausreservoire nicht von unten oder von der Seite des Behälters aus bewirkt werden. Vielmehr muß das Zuflußrohr stets oberhalb des Wasserspiegels im Reservoir frei ausgießen; bei einer bestimmten Höhe des Wasserstandes im Behälter wird es dann mit Hilfe eines Schwimmkugelhahnes selbstthätig geschlossen.

Ebenso ist es nicht zulässig, daß Zuflußröhren für Spülbehälter, Fischbottiche und dergl. unter Wasser einmünden, ohne daß eine Unterbrechung der Zuleitung oberhalb des Wasserspiegels stattfindet.

Bei Badewannen, Badeöfen, Wärmwasserschlangen etc. ist häufig die Einrichtung derart getroffen, daß ein Zurückfließen des Inhalts derselben in die Wasserleitungsröhren vorkommen kann. Ebenso ist sogar bei zahlreichen Klosettspülungen die Möglickeit nicht ausgeschlossen, daß ein Teil des Inhalts eines verstopften Klosettbeckens in die Reinwasserleitung gelangt, wenn nämlich der Wasserstand in dem verstopften Becken die Zuflußöffnung bedeckt, während zugleich eine Entleerung der Hausleitung stattfindet und das Klosettventil nicht völlig dicht abschließt. Das Zusammentreffen dieser Umstände ist keineswegs so selten und ungewöhnlich, als man auf den ersten Blick vielleicht anzunehmen geneigt ist. Sind einmal bei einer Entleerung unreine Stoffe in das Hausleitungsrohrnetz gelangt, so vermischen sich dieselben, so bald das Wasser wieder angelassen wird mit diesem und können nun an jeder Zapfstelle wieder zum Vorschein kommen, also auch in das zum Genuß bestimmte Wasser gelangen.

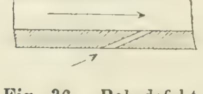
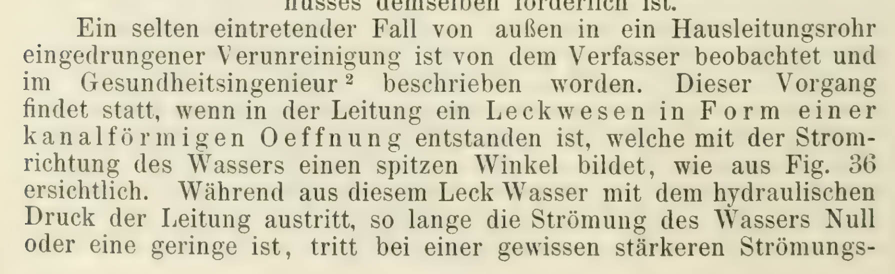


Fig. 36. Rohrdefekt.

Es wird daher nicht zweifelhaft erscheinen, daß die strengste Kontrolle der Hausleitungseinrichtungen im gesundheitlichen Interesse liegt, eine möglichst seltene Unterbrechung des Zuflusses demselben förderlich ist.



Ein selten eintretender Fall von außen in ein Hausleitungsrohr eingedrungener Verunreinigung ist von dem Verfasser beobachtet und im Gesundheitsingenieur[2] beschrieben worden. Dieser Vorgang findet statt, wenn in der Leitung ein Leckwesen in Form einer kanalförmigen Oeffnung entstanden ist, welche mit der Stromrichtung des Wassers einen spitzen Winkel bildet, wie aus Fig. 36 ersichtlich. Während aus diesem Leck Wasser mit dem hydraulischen Druck der Leitung austritt, so lange die Strömung des Wassers Null oder eine geringe ist, tritt bei einer gewissen stärkeren Strömungs-

geschwindigkeit in der Leitung eine saugende Wirkung in dem Defekt, wie bei einem Injektor, ein. Wenn ein solches Leckwesen sich in der Leitung im Erdboden befindet, wird es mithin zeitweise Wasser in den Boden ausfließen lassen, zeitweise aus demselben wieder aufsaugen und kann, wenn es sich nicht durch eingeschleppte gröbere Unreinigkeiten bald verrät, längere Zeit unbemerkt fortbestehen.

1) **Gustav Assmann**, *Die Bewässerung und Entwässerung von Grundstücken, München und Leipzig* 1893.

2) **Oesten**, *Gesundheitsingenieur* 1892 *No.* 11, *Eindringen von Unreinigkeiten in Druckwasserleitungen.*

## 4. Hausfilter, Koch- und Sterilisierapparate*).

### a) Hausfilter.

Ein Apparat in der Hausleitung, der zuweilen Anwendung findet und wiederholt wissenschaftlich geprüft wurde, ist das Hausfilter, entweder als Filter für die gesamte Hausleitung in das Hauptrohr derselben eingebaut oder als Zapffilter dem einzelnen Wasserhahne vorgelegt. Das Hausfilter hat zur Voraussetzung, daß das dem Hause zufließende Wasser noch nicht gereinigt ist, vielmehr erst an der Verbrauchsstelle gereinigt werden muß, eine Voraussetzung, welche sich im Widerspruch mit der an eine gute Wasserleitung zu stellenden Anforderung befindet. Der peripheren Filtration des Wassers kann daher nur im Notfalle eine Berechtigung zugestanden werden und wird die Anwendung der Hausfilter aus diesem Grunde nur eine beschränkte sein können, selbst wenn sie das leisten, was als ihre Aufgabe ihnen zugewiesen wird, vor allem die Zurückhaltung der Bakterien.

Als Filtermaterial für Hausfilter sind bereits die verschiedenartigsten Stoffe zur Verwendung gekommen als: Filz, Fries, Scheerwolle, Badeschwamm, Cellulose im Piefke'schen, Sandstein abwechselnd mit Wolle und Tierkohle im David'schen, Bimsstein, poröse Thonkörper, Eisenschwamm im Filter von Bischof, Asbest in dem sog. Mikromembranfilter von Breyer, Kieselguhr.

Die erste exakte Prüfung der Hausfilter rührt von W. Hesse und von Plagge her. Beide arbeiteten auf Veranlassung von R. Koch und nach dessen Methoden — den bisher einzigen, welche festzustellen gestatten, ob das mittels Hausfilter gewonnene Wasser keimfrei ist oder nicht.

W. Hesse[1] stellte in seinen auf Koch's Veranlassung unternommenen vorbereitenden Versuchen über die Gewinnung keimfreien Wassers durch Filtration namentlich die günstige Wirkung des Asbestes und des Thons für den genannten Zweck fest.

Er fand dann[2] weiter, daß die Ergiebigkeit auch der besten Filter schnell abnimmt, namentlich wenn man das Wasser unter hohem Druck durch das Filter preßt.

Plagge[3] konnte die von W. Hesse erhaltenen Resultate im wesentlichen bestätigen; doch bestreitet er, worin ihm alle folgenden Untersucher recht geben, daß es mit Hilfe von Thon- oder Asbestfiltern in der Praxis gelingt, längere Zeit oder gar dauernd keim-

*) Verfasser: Th. Weyl.

freies Wasser zu erhalten [4]; namentlich aber bewies er, daßdie Mehrzahl der üblichen Hausfilter die Forderung im Wasser enthaltene Bakterien zurückzuhalten keineswegs erfüllen, da es vielmehr unter Umständen zu einer so erheblichen Vermehrung der Organismen im Filterkörper kommt, daß das Filtrat sogar 100- bis 1000fach reicher an Keimen werden kann als das Wasser vor der Filtration. Erklärt wurde diese Thatsache dadurch, daß die Bakterien das Filter durchwachsen und dann in das Filtrat gelangen.

Im folgenden sollen einige der bekannteren Hausfilter kurz gewürdigt werden.

Die geringe Wirksamkeit der Kohlefilter, welche unter lebhaftem Widerspruch der Hygieniker sich einer großen Verbreitung erfreuen, ist namentlich von W. Hesse [1] nachgewiesen worden.

Die Eisenschwammfilter, sogenannte Bishop-Filter, sind vorzugsweise in England sehr beliebt. Ihre sterilisierenden Eigenschaften werden von P. Frankland gelobt [18].

Die Chamberland-Filter (System Pasteur) bestehen aus nicht allzu scharf gebrannter Porzellanerde [3] und liefern, wie die von den verschiedensten Seiten erfolgten Nachprüfungen beweisen, für einige Zeit, im besten Falle für 2 oder 3 Tage keimfreies Wasser. Ihre Ergiebigkeit sinkt aber schnell, weil sich die Oberfläche der „Kerze" allmählich mit den im Wasser enthaltenen Schwebestoffen überzieht, welche zuletzt nur unter sehr hohem Drucke Wasser hindurchtreten lassen. Allmählich nimmt die Keimzahl im Filtrate zu, teils weil die Bakterien unter hohem Druck durch das Filter hindurchgespült werden, teils weil sie das Filter durchwachsen. Zuletzt kann das Filtrat sogar mehr Bakterien enthalten als das Rohwasser; nämlich dann, wenn die sich im Filter vermehrenden Bakterien in das Filtrat gelangen. Durch Sterilisation lassen sich diese Filter zwar regenerieren; aber ein regeneriertes Filter liefert niemals wieder die gleiche Filtratmenge wie ein frisches Filter. Bedenkt man ferner, daß die Regeneration der Chamberland-Filter sehr vorsichtig zu geschehen hat, weil die Filter leicht zerbrechen; zieht man ferner in Betracht, daß kleine Sprünge [7] im Filter [8] nur schwer aufzufinden sind und daß selbst mit geringen Fehlern behaftete Filter ihren Zweck nicht erfüllen, so wird es selbstverständlich, daß die Chamberland-Filter eine größere Bedeutung für die Praxis nicht erhalten haben. Nur die französische Armee ist mit diesen Filtern ausgerüstet. Die Hoffnung aber, welche man an deren Einführung knüpfte, daß es gelingen würde, den Typhus aus der französischen Armee zu verbannen, scheint sich in keiner Weise verwirklicht zu haben [9]. Man unterscheidet Filtres sous pression und sans pression. Erstere — die gewöhnlich angewandten — werden mit der Wasserleitung oder einer Druckpumpe verbunden.

Die Filtres sans pression von Chamberland bestehen aus einer „Kerze", an welcher sich ein langer Schlauch befindet. Die Kerze wird in das Rohwasser gesteckt; dann saugt man mittels des Schlauches das Wasser an und senkt den Schlauch. Sie besitzen nach Kübler [6] die Vorzüge und Fehler der gewöhnlichen Chamberland-Filter.

Die Erfindung der Porzellanfilter geht, wie es scheint[10], auf Nadaud de Buffon (1861) zurück, und Arm. Gautier[10] behauptet in seiner unglaublich lückenhaften und oberflächlichen Arbeit über das Trinkwasser der erste gewesen zu sein, welcher derartige Filter noch vor Chamberland zur Sterilisation des Wassers benutzt und in die Praxis eingeführt hat.

Die Filter von Pukall[11] besitzen Kolbenform und bestehen aus einem hart gebrannten Gemisch verschiedener Kaoline. Wie weit dieselben Bakterien zurückzuhalten vermögen, bedarf noch genauerer Untersuchung.

Die Filter von Berkefeld[12] bestehen aus gebrannter Infusorienerde und liefern anfangs keimfreies Wasser, ihre Ergiebigkeit nimmt aber schnell ab und erreicht auch nach vorgenommener Sterilisation, welche ebenso vorsichtig wie bei den Chamberland-Kerzen zu geschehen hat, niemals wieder die frühere Höhe. Die sinnreiche Konstruktion dieser Filter ist hervorzuheben.

Die Mikromembranfilter von F. Breyer[13] in Wien bestehen aus dünnen Schichten von Asbest, welcher auf einem mit Tuch überspannten und von durchlochten dünnen Eisenplatten gebildeten Träger aufliegt. Beliebig viele derartiger Filterschichten lassen sich zu einem einzigen Filter vereinigen. Das Wasser ist zunächst keimfrei und behält diese Eigenschaft mehrere Tage hindurch, namentlich wenn der Druck möglichst ungeändert bleibt. Nachher zeigen sich Bakterien im Filtrate.

Maignen[17] benutzt als Filtermaterial ein Asbestgewebe, dessen äußere Oberfläche mit einem besonders präparierten Stoff, Carbo-Calcis genannt, wohl einem Gemisch aus vegetabilischer Kohle und Kalk, bedeckt ist[19]. Dasselbe wird in Pulverform auf das Asbestgewebe gebracht oder dem zu filtrierenden Wasser beigefügt. Diese Filter werden marktschreierisch angepriesen und sind nach W. Hesse[1] fast wirkungslos.

Jolles[14] prüfte die Filter: System Puritas, welche zu den Asbestfiltern gehören. Sie scheinen keine besonderen Vorzüge zu besitzen. Eine Kritik der von Jolles angestellten Untersuchung lieferte Sander[14].

Die von Esmarch[15] untersuchten Filtersteine stellen aus Lavatuff und anderen porösen Steinen fabrizierte schüsselartige Gefäße dar. Sie wurden früher in Hamburg und Holstein zur Filtration von Wasser im Haushalte benutzt und dienen in den Tropen noch hier und da dem gleichen Zwecke. Bakterien vermögen sie nicht zurückzuhalten, dagegen das Wasser von gröberen suspendierten Stoffen zu befreien.

Ueber die Benutzung frischer Baumstämme als Wasserfilter vergl. Sander[16].

Ein brauchbares Hausfilter muß längere Zeit, jedenfalls mehrere Wochen hindurch auch bei der Bedienung durch ungeübte Hände ein keimfreies Wasser liefern, und zwar ohne Rücksicht auf den Bakteriengehalt des Rohwassers. Das Filter muß sich leicht und sicher wieder regenerieren lassen, und etwaige kleine im Filter vorhandene Sprünge müssen leicht erkennbar sein.

Die obigen Auseinandersetzungen haben gezeigt, daß die Technik,

trotz verheißungsvoller Anfänge, diesen Anforderungen an ein gutes Hausfilter bisher nicht zu genügen vermochte.

Die bisher bekannten Filter verdienen deshalb keine Empfehlung. Sie leisten nicht, was sie sollen, und sind sogar, weil sie einen Nährboden für die Vermehrung der Bakterien zu bilden vermögen, als gefährlich aus dem Haushalte zu verbannen.

1) **W. Hesse**, *Deutsch. med. Wochenschr.* (1885) 71.
2) **W. Hesse**, *Z. f. Hyg.* 1. *Bd.* 178 (1886).
3) **Plagge**, *Tagebl. d.* 59. *Vers. deutsch. Naturf. und Aerzte* (1886) 323.
4) *Vergl. auch* **P. F. Frankland**, *ferner* **Finkelnburg**, *Uffelmann's Jahresb. für* 1886, 46.
5) **Chamberland**, *Compt. rend. de l' Acad. de sc. de Paris*, 99. *Bd.* 247 (1884).
6) **Kübler**, *Z. f. Hyg.* 8. *Bd.* 90.
7) **Smith** *und* **Moore**, *Baumgarten's Jahresb.* (1893) 629.
8) **Giltay** *und* **Aberson**, *Baumgarten's Jahresb.* (1892) 629; *vergl. auch Revue d'Hygiène* 1891, 638 *und* 1892, 535.
9) **von Freudenreich**, *Centralbl. f. Bakter.* 12. *Bd.* 240 (1892), *dazu Hyg. Rdsch.* (1893) 10; **Acosta** *und* **Grande Rossi**, *Baumgarten's Jahresb.* (1892) 631; **Beyerinck**, *Hyg. Rdsch.* (1891) 209; **Lacour**, *Hyg. Rdsch.* (1893) 106 (*die Sterilisation der Filter mufs spätestens jeden dritten Tag erfolgen*) [*Ref.*]; **Smith** *und* **Moore**, *Centralbl. f. Bakt.* 12. *Bd.* 628 (1892); **Dor**, *Baumgarten's Jahresb.* (1889) 591.
10) **Arm. Gautier** *in Jul. Rochard*, *Encyclop. d. hygiène* 2. *Bd.* 419 (1890).
11) **Pukall**, *Ber. Deutsch. chem. Ges.* 26. *Bd.* 1159 (1893).
12) **Nordtmeyer**, *Z. f. Hyg.* 10. *Bd.* 145 (1891); **Bitter**, *Z. f. Hyg.* 10. *Bd.* 155 (1891); **Lübbert**, *Pharmac. Centralhalle* (1891) *No.* 39 *u.* 40, *Baumgarten's Jahresb.* (1891) 615; **Prochnik**, *Centralbl. f. Bakteriolg.* 11. *Bd.* 123 (1892) [*Ref.*]; **Th. Weyl**, *Berl. klin. Wochenschr.* (1892) *No.* 23; **Kirchner**, *Z. f. Hyg.* 14. *Bd.* 299 (1893); **Kirchner**, *Centralbl. f. Bakt.* 14. *Bd.* 516 (1893); **M. Gruber**, *Centralbl.* 14. *Bd.* 488 (1893); **Schöfer**, *Centralbl. f. Bakt.* 14. *Bd.* 685 (1893), *Kritik dieser Arbeit durch* **Kübler**, *Hyg. Rdsch.* (1894) 390; **Jolin**, *Z. f. Hyg.* 17. *Bd.* 517 (1894), *Bestätigung früherer Autoren.*
13) **Breyer**, *Hyg. Rdsch.* (1891) 977 (*Ref.*); **Wichmann**, *Centralbl. f. Bakt.* 13. *Bd.* 207 (1893).
14) **Jolles**, *Centralbl. f. Bakt.* 12. *Bd.* 596 (1892), *vergl. die Kritik von* **Sander** *in Hyg. Rdsch.* (1893) 107, *und die Antikritik von* **Jolles** *bez.* **Sander**, *Hyg. Rdsch.* (1893) 195 *ff.*
15) **von Esmarch**, *Centralbl. f. Bakt.* 11. *Bd.* 523 (1892).
16) **Sander**, *Hyg. Rdsch.* (1895) 445.
17) **Maignen**, *Baumgarten's Jahresb.* (1888) 556 *und L'ean purifiée par le filtrage, Quatrième edition Paris* 1894 (*Grobe Reklamenschrift*).
18) **Percy Frankland**, *Proc. of the Institution of civil enginaerz*, 6. *April* 1886 (*Paper No.* 2150).
19) *Vergl. auch* **V.** *und* **A. Babes**, *Centralbl. f. Bakt.* 12. *Bd.* (1892) 132.

### b) Kochapparate zur Herstellung keimfreien Wassers.

Keimfreies Wasser erhält man am sichersten durch längere Einwirkung der Siedehitze, wie dies seit langer Zeit bekannt ist und geübt wurde.

Um aber das Wasser direkt aus der Hausleitung keimfrei zu erhalten, hat man in neuester Zeit auf Anregung von Werner von Siemens Apparate ausgeführt und der Küchenzapfstelle der Wasserleitung vorgelegt, in welchen das Wasser vor der Entnahme gekocht und dadurch sterilisiert wird. Diese Apparate sind meistens nach dem Prinzip der Gegenströmung derart konstruiert, daß das zufließende kalte Wasser dem der Siedetemperatur ausgesetzt gewesenen abfließenden die Wärme möglichst wieder entzieht. Sie werden vermutlich in Zeiten herrschender Epidemieen manche Anwendung finden, dauernde Bedeutung für die Hygiene der Wasserversorgung jedoch kaum er-

langen, weil die Apparate selbst, sowie die Wärmeerzeugung zu hohe Kosten verursachen.

Von den zahlreichen derartigen Apparaten sei hier nur der Dessauer Sterilisator[6] kurz beschrieben und abgebildet[7], während wegen anderer Konstruktionen auf die unten angeführte Litteratur [1] bis [5] verwiesen werden mag.

Der Apparat (Fig. 37 und 38) wird bei $A$ an die Wasserleitung angeschlossen; die Wassermenge wird durch Hahnstellung und einen Ueberlauf $H$ auf $^1/_2$ l pro Minute geregelt. Das Wasser gelangt zuerst in den Vorwärmer $B$, dann

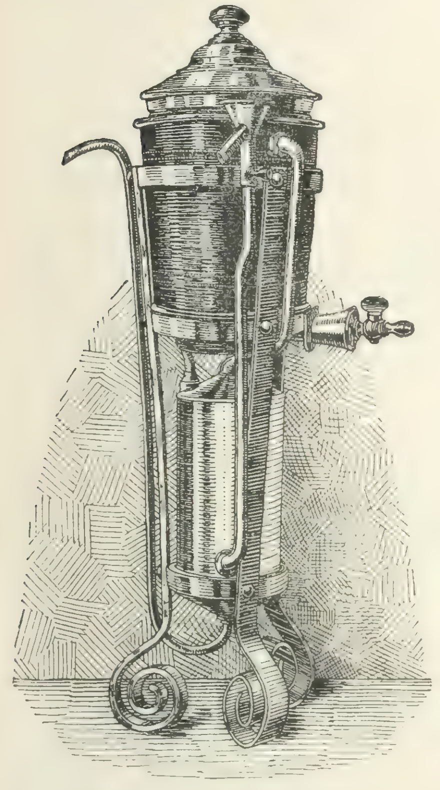


Fig. 37. Dessauer Sterilisator.

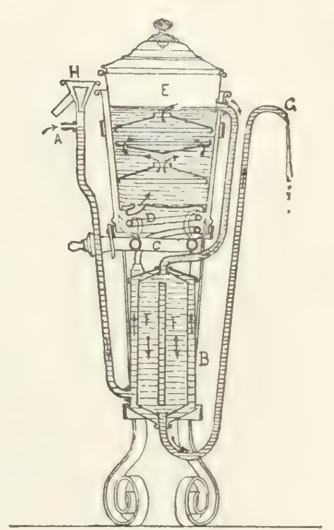



Fig. 38. Dessauer Sterilisator. Längsschnitt.

durch eine über dem Gasbrenner $C$ angeordnete Rohrschlange $D$ kochend in den Kessel $E$, wo es 10 Minuten lang kochend erhalten wird. Dann fließt es durch ein Rohr in das innere Röhrenbündel $F$ des Vorwärmers $B$ und giebt hier seine Wärme an das zufließende frische kalte Wasser ab, so daß es durch den Ablauf $B_1$ fast auf ursprüngliche Temperatur abgekühlt, ausfließt. Die dem Wasser zum Kochen zugeführte Wärme wird also zum großen Teil wieder gewonnen[7].

Zur Gewinnung großer Mengen keimfreien Wassers ist der Apparat von Merke besonders geeignet. Derselbe setzt das Vorhandensein einer Dampfheizung voraus und findet daher namentlich in Krankenhäusern und Kliniken vorteilhafte Verwendung[8].

1) *Hyg. Rdsch.* (1893) 858: *System Strebel* (*Firma Rud. Otto Meyer in Hamburg*); *System David Grove, Berlin SW.* (*Ref.*).
2) **Voller**, *Hyg. Rdsch.* (1893) 75 u. 746, *Prüfung der Apparate von Hauers und Hennicke, Gebr. Burgdorf, Strebel und Jones* (*Ref.*).

3) **Rubner** *und* **Davids**, *Berl. klin. Wochenschr.* (1893) 861: *Prüfung des Apparates von Werner von Siemens.*
4) **H. Schultz**, *Z. f Hyg. und Infekt.* 15 *Bd.* 206 (1894): *Prüfung des Apparates von Werner von Siemens.*
5) **Davids**, *Hyg. Rdsch.* (1894) 241: *Prüfung von Josef Nagel's kombiniertem Wasser-, Destillier- und Sterilisier-Apparat.*
6) **Laser**, *Centralbl. f. Bakt.* 14 *Bd.* 749 (1893): *Prüfung des oben abgebildeten Apparates der Deutschen Kontinental-Gasgesellschaft zu Dessau* (*Dessauer Sterilisator*).
7) *Vergl.* **Rosenboom**, *dieses Handb.* 4. *Bd.* 131 (1895).
8) **Merke**, *Berl. klin. Wochenschr.* (1892) 663.

## 5. Rohrmaterialien der Hausleitungen.

Als Hausleitungsröhren werden hauptsächlich gußeiserne, schmiedeeiserne und Bleiröhren verwendet.

Von ihnen sind die gußeisernen als die dauerhaftesten und vom hygienischen Gesichtspunkte aus einwandfreiesten anzusehen; sie werden aber nur für größere Durchmesser und zwar bis 40 cm abwärts fabriziert. Die schmiedeeisernen Röhren rosten schnell und stark, so daß sie häufig nach 10—15 Jahren zugerostet sind, oder eine so erhebliche Querschnittsverengung zeigen, daß der Wasserzufluß in nachteiligem Maße vermindert ist. Sie werden, um diesem Uebelstande zu begegnen, verzinkt. Aber das Zink wird von manchen Wässern aufgelöst und erteilt alsdann dem Wasser eine Beimengung von Zinksalzen. Außerdem wird der Zinküberzug an den Schnitt- und Verbindungsstellen durchbrochen und das Rosten der Rohrwandung findet alsdann an diesen Stellen um so lebhafter statt. Mit der Verwendbarkeit der verzinkten Eisenröhren hat sich der deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern in seinen Verhandlungen in Eisenach 1886 eingehend beschäftigt und zwar auf Grund eines Berichts von Bunte[1], dem ein sehr ausführlicher Bericht von W. Ripley Nichols-Boston über die Verwendung von Schmiedeeisenrohr in amerikanischen Städten angeschlossen ist. Die Verhandlungen haben festgestellt, daß eine gesundheitsschädliche Wirkung der Zinkauflösung in sog. galvanisierten Eisenröhren nicht nachgewiesen ist. Die Mitteilungen aus amerikanischen Städten, in welchen schwarzes, wie galvanisiertes Eisenrohr für Wasserleitung in erheblich größerer Ausdehnung zur Verwendung kommt, als in europäischen, bestätigen, daß auch dort beide Arten von schmiedeeisernen Röhren infolge des starken Rostens meistens nur eine kurze Betriebszeit brauchbar sich erhalten.

Das am meisten für Hauswasserleitungen verwendete Rohr ist das Bleirohr. Es verdankt diese seine Bedeutung hauptsächlich seiner Schmiegsamkeit, welche die Verlegungsarbeit erleichtert, besitzt sonst jedoch manche Mängel. Es wird angegriffen durch Kohlensäure bei Anwesenheit von Feuchtigkeit, von Schwefelwasserstoff, welche die Wandung des Bleirohres von außen korrodieren, außerdem von Essigsäure. In Kellerräumen wird es zuweilen von Ratten angenagt, in Wänden an Holzbekleidungen von der Larve des Bohrkäfers durchbohrt. Das Leitungswasser löst aus der inneren Rohrwandung Blei auf, wenn es viel freie Kohlensäure enthält und wenn durch abwechselndes Voll- und Leerlaufen der Röhren abwechselnd Wasser und Luft mit den Röhrenwandungen in Berührung kommt. Hierdurch können Bleivergiftungen entstehen.

Auch andere Bestandteile[1] des Wassers, wie Chloride, Nitrate, Nitrite und Ammoniaksalze, aber nur wenn sie in besonders großer Menge vorhanden sind, sollen die Auflösung des Bleis erleichtern, während schwefelsaure und (?) kohlensauren Erdalkalien der Lösung des Bleis entgegenarbeiten. Doch ist über die Wirksamkeit der genannten Stoffe noch keine volle Einigung unter den Beobachtern erzielt.

In Deutschland wurden derartige Vergiftungen selten, häufiger dagegen in England beobachtet, weil dort nach Bunte[3] noch vielfach sog. intermittierende Wasserversorgung stattfindet, bei welcher die inneren Bleirohrwandungen abwechselnd mit Wasser und mit Luft in Berührung kommen (s. o.).

Erwähnt seien aus deutschen Städten die „Epidemien" in Dessau[2], in Offenbach[4], in Krossen[5], in Calau[6] (Niederlausitz) und in Wilhelmshaven[7].

Aus englischen Städten[2] sei an die Vergiftungen in Schloß Claremont, Manchester, Sheffield und Huddersfield erinnert.

Ueber Bleivergiftungen durch stark saures, aus Mooren stammendes Wasser, vergl. Power[11].

In einigen deutschen Städten sind, um der Gefahr der Bleivergiftung zu entgehen, an Stelle der Bleiröhren Zinnröhren mit Bleimantel oder Bleiröhren mit innerer Verzinnung in Gebrauch. Sie sind erheblich teurer als Bleiröhren, lassen sich schwerer löten und verbinden, auch widerstehen sie nach Belohoubek[9] dem Angriffe des Wassers nicht.

Dasselbe gilt von denjenigen Bleiröhren, deren innere Fläche man nach dem Vorschlage von H. Schwarz mit Schwefelkalium behandelt hat, um die Röhre mit einer Schicht von Schwefeleisen zu überziehen[10].

Messing ist jedenfalls für Leitungswasser, welches nicht scharfe Säuren enthält, das indifferenteste und widerstandsfähigste Material, wie die Erfahrung mit den vielen Teilen der Leitung lehrt, die von jeher aus Messing gefertigt sind und sich überall unversehrt erhalten als Hähne, Anbohrstützen, Sauger, Ventile und Wassermesser etc. Messingrohr besitzt bei geringer Wandstärke große Festigkeit, seine vermehrte Anwendung für Wasserleitung wäre zu wünschen.

1) **H. Bunte**, *Erfahrungen und Versuche über die Verwendung von verzinkten Eisenröhren für Wasserleitungen*, *Journal für Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung* (1887) 61.
2) **Gustav Wolffhügel**, *Wasserversorgung und Bleivergiftung*, *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt* 2. *Bd.* 484 (1887).
3) **H. Bunte**, *Zur Frage der Verwendung von Bleiröhren für Wasserleitungen*, *Journal für Gasbel. u. Wasserversorgung* (1887) 168.
4) **Pullmann**, *D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl.* 19. *Bd.* 255
5) **Anonymus**, *Deutsch. med. Wochenschr.* (1888) 936.
6) **Proskauer**, *Z. f. Hyg. und Infekt.* 14. *Bd.* 292 (1893).
7) **Heyer**, *Ursache und Beseitigung des Bleiangriffs*, *Dessau* 1888; **E. Reichardt**, *Arch d. Pharm.* 225. *Bd.* 858 (1887)
8) **Ferd. Fischer**, *Chem. Technologie des Wassers* (1880) 324; **v Knorre**, *Gesundheitsingenieur* (1887) *März*; **Seydel**, *V. f. ger. Med. N. F.* 53. *Bd* 146 (1890).
9) *Vergl. Technische Erläuterungen zum Reichsgesetz vom* 25. *Juni* 1887 *betr. den Verkehr mit blei- und zinkhaltigen Gegenständen.*
10) **E. Reichardt**, *D Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspfl.* 17. *Bd.* 565 (1885).
11) **Power**, 23 *annual report of the Local Goverment Board* 1893/94 *S.* 332.

## 6. Léitungsschäden und Wasserverluste.

Rohrbrüche und Leckwesen machen sich, wenn sie an oberirdischen verlegten Leitungen entstehen, schnell bemerkbar, dagegen können dieselben an unterirdischen Leitungen, namentlich wenn diese in durchlässigem Boden liegen, in welchen das austretende Wasser schnell versickert, oder wenn letzteres einen Weg in unterirdische Entwässerungsanlagen gefunden hat, lange andauern, großen Wasserverlust verursachen und sind oft schwer aufzufinden. Häufig macht sich ihr Vorhandensein erst dadurch bemerklich, daß infolge des verminderten hydraulischen Druckes der Wasserzufluß in den höheren Teilen der Hausleitung aufhört. Unter den Ventilen sind es hauptsächlich die Klosettventile und die Schwimmkugelhähne, welche infolge eintretender Undichtheit der Verschlüsse längere Zeit unbemerkt Wasser entweichen lassen. Die aus der Kontrolle des Wassermessers, wo ein solcher vorhanden, ersichtlich eingetretene Steigerung des Wasserverbrauchs führt bei Nachforschung nach der Ursache desselben, zur Auffindung des versteckten Leckwesens und zur Beseitigung desselben und schützt daher den Wasserabnehmer vor weiteren Verlusten. Ist ein Wassermesser nicht vorhanden, so dauert das Leckwesen fort, steigert sich, der Wasserverlust wird ein erheblich größerer und trifft in diesem Falle die Verwaltung.

Immerhin muß auch bei Anwesenheit eines Wassermessers erst Verlust eingetreten sein, bevor der Wassermesser durch Angabe desselben als Kontrolapparat wirksam werden kann.

Um einen Defekt sogleich bei der Entstehung anzuzeigen, sind mehrfach Apparate konstruiert worden, so von Schneider in Breslau und der Wasserverlustanzeiger von Oesten. Wenn diese Apparate auch bisher eine ausgedehnte Anwendung noch nicht gefunden haben, so ist doch das Bestreben Wasserverluste sofort bei ihrer Entstehung erkennbar und abstellbar zu machen, völlig gerechtfertigt und zeitgemäß und darf als praktisch aussichtslos nicht angesehen werden.

Ein Mittel die Anwesenheit von Rohrdefekten in größeren Abteilungen eines Rohrnetzes zu beobachten und festzustellen, bietet auch der Deacon'sche Verlust-Wassermesser, der jedoch dort, wo das Hauswassermesser-System bereits durchgeführt ist, durch dieses überholt erscheint. Dieser Apparat wird in ein Straßenrohr eingeschaltet und zeichnet mittels eines Uhrwerks ein Diagramm des Wasserdurchlaufes innerhalb 24 Stunden. Aus dem Verlauf desselben während der Nachtstunden, in welchen der nutzbare Wasserverbrauch ruht, schließt man auf das Vorhandensein von Leckwesen und deren Größe.

Zur Auffindung der Stelle eines Rohrdefektes dient wesentlich das Geräusch des ausströmenden Wassers. Indem man die Leitung abhorcht soweit dieselbe zugänglich ist oder zugänglich gemacht werden kann und der Richtung der Zunahme des Geräusches folgt, wird man in der Regel den Ort der Entstehung desselben ermitteln können. Man kann sich hierbei eines Metallstabes mit aufgesetzem Schallbecher oder eines Hydrophons bedienen.

Da die Beschränkung der Wasserverluste mittelbar der Vermehrung des nutzbaren Wasserquantums dient, so darf dieselbe als eine wichtige Aufgabe einer geordneten Wasserversorgung angesehen werden.

### 7. Anschluß der Blitzableiter an die Wasserleitungsröhren.

Die Frage des Nutzens, bez. der Notwendigkeit des Anschlusses der Blitzableiter an die Gas- und Wasserleitungsröhren hat die Fachtechniker in den letzten Jahren eingehend beschäftigt. Es wird genügen, ohne auf die Für und Wider der einzelnen Fachgruppen einzugehen, hier die Beschlüsse zu registrieren, zu welchem sich drei große deutsche Fachvereine: der elektrotechnische Verein, der Verein der Gas- und Wasserfachmänner, der Verband deutscher Ingenieur- und Architektenvereine, geeinigt haben[1]. Diese Beschlüsse lauten:

1) Außer dem Anschlusse des Blitzableiters an das oder die Rohrsysteme ist es aus praktischen Gründen zweckmäßig, dem Blitzableiter eine Erdplatte zu geben.
2) Sind mehrere Rohrsysteme vorhanden, so ist es wünschenswert, den Ableiter an alle Systeme anzuschließen.
3) Ein Anschluß der Blitzableiter an die Rohrleitung muß thunlichst nahe dem Straßenrohr angebracht werden und eine gute metallische Leitung mit demselben sichern.
4) Eine weitere Verbindung der in den einzelnen, besonders den oberen Stockwerken gelegenen Ausläufer der Röhren mit dem Blitzableiter ist empfehlenswert.
5) Die Eingangs- und Ausgangsröhren der Wasser- und Gasmesser sind durch ein metallisches Verbindungsstück dauernd zu überbrücken.

1) *Journal f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung* (1993).

**X. Kapitel.**

## Wasserpreis und Tarifwesen.

Die Feststellung des von den Konsumenten zu zahlenden Wasserpreises ist wesentlich davon abhängig, ob die Wasserversorgung als kommunale Angelegenheit zum Wohle der Allgemeinheit und des einzelnen Bewohners von der Gemeindeverwaltung selbst oder ob sie als kaufmännisches Geschäft von einer Erwerbsgesellschaft betrieben wird. Das Ziel der letzteren ist der kaufmännische Gewinn, der am höchsten ausfällt, wenn mit den möglichst geringsten Anlage- und Betriebekosten das am meisten dringende Bedürfnis befriedigt und ein hoher Preis für das Wasser erzielt wird. Der hygienische Wert einer Wasserversorgung kann daher bei kaufmännischer Ausbeutung des Wasserbedürfnisses häufig nicht genügend zur Geltung kommen.

Diese Erfahrung haben fast alle diejenigen Gemeinden machen müssen, welche die Wasserversorgung ihrer Angehörigen einer Erwerbsgesellschaft überlassen hatten; sie hat fast überall dazu geführt, daß die Wasserwerke nach kürzerer oder längerer Zeit von den Ge-

meinden übernommen worden sind, um ergänzt und ausgebaut ihrer Aufgabe als Gemeinde-Anstalten zugeführt und als solche verwaltet zu werden.

In Deutschland befinden sich zur Zeit nur noch wenige Städtewasserversorgungen in Privathänden.

Die Grundsätze, welche eine Gemeindeverwaltung bei Bemessung der Abgabe eines Grundstücks für Wasser zweckmäßigerweise einhalten muß, werden sich darauf richten und beschränken, daß die Selbstkosten des entnommenen Wassers gedeckt werden und dazu ein Ueberschuß erwächst, welcher ausreicht, einen Fond für Erneuerung, Ergänzung und Verbesserung der Wasserversorgungsanlagen zu bilden. Sobald aus dem Verkauf des Wassers ein Gewinn entnommen und zur Deckung anderweiter Gemeindebedürfnisse verwendet wird, entsteht die Gefahr, daß die Wasserversorgung ihrem eigentlichen Wesen entfremdet, als Erwerbsquelle behandelt wird, wobei ihr Wert für die Förderung der gesundheitlichen Wohlfahrt nur beeinträchtigt werden kann.

Als Maßstab für die seitens der Wasserkonsumenten zu leistende Zahlung gilt fast überall die Größe der entnommenen Wassermenge, welche entweder direkt durch Messung mittelst Wassermesser festgestellt oder nach verschiedenen gewählten Anhaltspunkten geschätzt wird. Das erstere Verfahren ist das einfachere, gestattet die freieste Verwendung des Wassers bei der geringsten Belästigung sowohl des Konsumenten als der Verwaltung; das letztere erfordert meistens eine umständliche Tarifierung.

Die Größe des Hauswasserverbrauchs wird dabei veranschlagt, teils nach der Anzahl der Bewohner, teils nach der Zahl der bewohnbaren Räume oder nach der Größe der Wohnungen, dem Mietswert derselben, auch nach der Größe der Grundstücke, die wohl in Verbrauchsklassen eingeteilt werden u. s. w. Solcher verschiedenen Tarifierung liegt stets die meist nicht ausgesprochene Annahme zu Grunde, die mehr oder weniger zutreffend ist, daß mit der Zahl der Bewohner oder Wohnungsräume, der Größe des Grundstücks etc. die Größe des Wasserkonsums in direktem Verhältnis steht, und daß diese mit der Abgabe angemessen getroffen werden soll. Der Wasserverbrauch, der nicht zum eigentlichen Haus- und Küchengebrauch gehört, wird alsdann besonders tarifiert. Solche besonderen Tarifsätze sind erforderlich für Wasser zum Spülen von Klosets und Pissoirs, für Badewannen, für Gartenanlagen, Höfe, Ställe, für Pferde, Groß- und Kleinvieh, Spingbrunnen, und für diese wieder nach dem Kaliber des Mundstücks zu unterscheiden, für Feuerhähne, zum Speisen von Dampfkesseln und zum Kühlen von Gasmotoren etc.

Bei einem derartigen Tarif ist es unvermeidlich, daß ein Konsument höher, ein anderer niedriger besteuert wird, als seinem wirklichen Wasserverbrauch entspricht. Dazu erwächst der Verwaltung eine zweifache lästige Aufgabe. Einmal ist darüber Aufsicht zu führen, daß nicht Wasser für Zwecke entnommen wird, für welche eine tarifmäßige Zahlung nicht geleistet wird, und ferner, daß nicht durch Rohrbrüche, defekte Ventile innerhalb der Hausleitungen Wasserverluste entstehen. Letztere treffen in diesem Falle, wo die Zahlung nicht nach den Angaben des Wassermessers erfolgt, die

Verwaltung, steigern das nötige Förderquantum und die Förderkosten in ungebührlicher Weise.

Diese Mängel der Wasserabgabe „auf Diskretion" haben anfangs einzelne, nach und nach immer mehr Wasserwerksverwaltungen veranlaßt, trotz der nicht unerheblichen Anschaffungskosten der Wassermesser, Wasser nur mittelst Wassermesser an die einzelnen Grundstücke abzugeben und den Wasserverbrauch nur nach den Angaben desselben zu berechnen, die Benutzung des Wassers zu irgend welchen Zwecken aber vollständig frei zu geben.

Wie in dem Kapitel II (S. 422) über die Wassermenge bereits nachgewiesen, ist die Zahl der deutschen Städte, welche zur obligatorischen Anwendung des Wassermessers gelangt sind, bereits eine große und zunehmende. Auch wurde dort gezeigt, welchen Einfluß der Wassermesser auf die Beschränkung der Wasservergeudung erlangt.

Bei dem System der Berechnung nach den Angaben des Wassermessers kann in der Regel nur ein Wassermesser für jedes Grundstück aufgestellt werden und die Wasserlieferung nur an den Hausbesitzer erfolgen, indem diesem überlassen bleibt, die Kosten auf seine Mieter zu verteilen und anteilig wieder einzuziehen. Es ist hieraus die Befürchtung erwachsen, der Hauswirt könne versucht werden, den Wasserbezug der Mieter ungebührlich zu beschränken. Um dieser Gefahr vorzubeugen, hat man für jeden Messer ein Minimalquantum zum Ansatz gebracht, das bezahlt werden muß, auch wenn es nicht verbraucht ist, indem man hierdurch dem Hausbesitzer das Interesse entziehen will, die Wasserverbrauchsmenge unter ein gewisses Maß zu verringern. Andererseits hört man die Befürchtung äußern, daß Mieter durch absichtliche Wasserverschwendung den Hauswirt schädigen können. Beides ist theoretisch richtig, praktisch aber, wie die Erfahrung lehrt, ohne große Bedeutung. Um das geschäftliche Verhältnis zwischen dem Wasser abgebenden Hausbesitzer und dem empfangenden Mieter in gleicher Weise zu ordnen wie zwischen der Wasserwerksverwaltung und dem Hauswirt geschieht, empfiehlt sich die Anwendung von Privat-Wassermessern.

In Berlin hat man daher das Minimalquantum beständig vermindern und schließlich fallen lassen können. Es wird hier als Minimalzahlung nur noch eine geringe Gebühr erhoben, welche ausreicht, die Verwaltungs- und Betriebskosten der Zuleitung zu decken, wenn kein oder nur ein ganz geringer Wasserverbrauch stattfindet, was hier namentlich mit Rücksicht auf die vielen Privatwasserversorgungen, welche den Anschluß an die städtische Wasserleitung nur als Reserve benutzen, erforderlich ist.

Der Preis des Wassers pro Kubikmeter hat, wie in dem Abschnitte über Wassermenge gezeigt worden ist, einen erheblichen Einfluß auf die Größe des Konsums. Derselbe soll daher so niedrig als möglich gestellt werden, um den nutzbaren Wasserverbrauch zu fördern.

In manchen Städten sind Preisabstufungen derart üblich, daß die ersten 50—100 cbm Wasser vierteljährlicher Berechnungsperiode einen höheren Einheitspreis haben, als die folgenden 100 cbm und diese wieder einen höheren als der darüber hinausgehende Verbrauch. Bei anderen Wasserwerken gilt ein einheitlicher Preissatz, zuweilen genießen Großkonsumenten eine Preisermäßigung. Es

streiten hier noch die kaufmännischen Grundsätze vielfach mit denen einer billigen, den hygienischen Gesichtspunkten völlig Rechnung tragenden Verwaltung, welche einen niedrigen und einheitlichen Preissatz für das Wasser, als den das allgemeine Wohl förderlichsten erheischen.

Für die Wasserpreisfeststellung einer Gemeinde-Wasserversorgung können daher folgende Grundsätze als solche empfohlen werden, welche den Anforderungen der Hygiene am besten und vollkommensten Rechnung tragen.

1) Alles aus der Wasserleitung abgegebene Wasser wird mittels Wassermesser gemessen.

2) Der Preis des Wassers wird für den Kubikmeter des vom Wassermesser angezeigten Verbrauchs berechnet.

3) Dieser Preis ist ein einheitlicher für jeden Wasserverbrauch und so bemessen, daß derselbe die Selbstkosten des Wassers deckt und die Bildung eines Reserve- und Erneuerungsfonds gestattet. Ein kaufmännischer Gewinn soll aus der Wasserversorgung nicht gezogen werden.

4) Eine mäßige Minimalzahlung ist für jede Zuleitung zu leisten, auch wenn kein oder ein geringerer Wasserverbrauch stattgefunden hat, als dem Betrage derselben entsprechen würde.

## Verzeichnis der Abbildungen.

Fig. 24. Sandwaschtrommel (Längsschnitt) (Blatt 4 Anklamm, Wasserwerke der Stadt Berlin am Tegeler See).

Fig. 25, 26, 27. Pumpwerk der Stadt Leipzig in Naunhof (Lueger, 4. Bd. Fig. 294 S. 666).

Fig. 28. Reservoir-Konstruktion, schematische Darstellung (eigene Skizze).

Fig. 29. Wasserturm des Wasserwerks der Stadt Mannheim (Tafel XVII, Schnitt, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1891).

Fig. 30. Verästelungsröhrensystem (eigene Skizzen).

Fig. 31. Zirkulationsröhrensystem (eigene Skizzen).

Fig. 32. Hydrant (eigene Zeichnung).

Fig. 33. Flanschröhren (eigene Skizzen).

Fig. 34. Muffenröhren (eigene Skizzen).

Fig. 35. Haus-Zuleitung (eigene Zeichnung).

Fig. 36. Rohrdefekt (eigene Zeichnung).

Fig. 37 und 38. Dessauer Sterilisator (Clichés der D. Kontinental-Gasgesellschaft in Dessau).

---

# DIE
# UNTERSUCHUNG UND BEURTEILUNG
# DES TRINKWASSERS.

BEARBEITET

VON

**DR. F. LOEFFLER,**
GEH. MED.-RAT UND O. Ö. PROFESSOR
AN DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

**DR. R. SENDTNER,**
INSPEKTOR DER KGL. UNTERSUCHUNGS-
ANSTALT IN MÜNCHEN.

---

# CHEMISCHE UNTERSUCHUNG DES TRINKWASSERS.

BEARBEITET

VON

**DR. R. SENDTNER,**

INSPEKTOR DER KGL. UNTERSUCHUNGSANSTALT IN MÜNCHEN.

MIT 13 ABBILDUNGEN IM TEXT.

---

## I. Probeentnahme.

Wo es sich um die Verwendbarkeit eines Wassers zu Trink- und Nutzzwecken handelt, hängt der Wert der ganzen Analyse zunächst von einer richtigen Probeentnahme ab. Kein Umstand wird erfahrungsgemäß häufiger außer acht gelassen als diese! Zufällige Verunreinigungen können dem Wasser ungemein leicht von außen zugeführt werden, sei es durch Verwendung mangelhaft oder ungeeignet gereinigter Sammelgefäße, alter, schon zu anderen Zwecken benützter Korke, oder durch Hantieren mit unsauberen Händen u. dergl. Viel häufiger als man glauben sollte, kommt es vor, daß für die hygienische Beurteilung so wichtige Verbindungen wie Ammoniak oder salpetrige Säure nur auf solchem Wege in eine Wasserprobe gelangt sind. Es kann nicht oft genug betont werden, daß die Vornahme einer Analyse bei Wasserproben, die in mangelhaft gereinigten oder verschlossenen Gefäßen gesammelt sind, rundweg abzulehnen ist. Da nur in verhältnismäßig seltenen Fällen Gelegenheit gegeben ist, Laien soweit über die Bedeutung der Probeentnahme zu informieren, daß man sich auf ihre Sorgfalt verlassen kann, sollte die Entnahme von Wasserproben, wenn irgend thunlich, stets durch einen Sachverständigen geschehen.

Hierbei beachte man, daß als Sammelgefäße nur wohlgereinigte Glasflaschen, und zwar solche von durchsichtigem Material zu verwenden sind. Solche aus undurchsichtigem Glase bringen Nachteile mit sich, indem man sich nicht von einer entsprechender Reinigung der Gefäße überzeugen kann; auch könnten sich suspendierte Bestandteile, lebende Organismen u. dergl. der Beobachtung entziehen.

Vorzuziehen sind Glasgefäße mit eingeschliffenem Glasstöpsel. Wo solche nicht beigeschafft werden können, genügen auch neue, vorher zu keinem anderen Zwecke benützte Korke. Dieselben läßt man jedoch vor dem Gebrauch einige Zeit in dem betreffenden Wasser liegen, oder wäschst sie damit gründlich aus.

Das Füllen der Gefäße geschieht durch Eintauchen in das zu untersuchende Wasser, wobei man sowohl die Oberfläche, die häufig zufällig durch Staub u. dergl. verunreinigt ist, wie auch den schlammigen oder sandigen Untergrund zu vermeiden hat. Wo die Länge des Arms zum Eintauchen der Probeflasche nicht ausreicht, bindet man die zu füllende Flasche fest an eine Stange, oder man senkt sie, durch ein Gewicht beschwert, mittels einer Schnur unter den Wasser-

spiegel. In besonderen Fällen könnte man sich eines Schöpfgefäßes bedienen, wie es Fresenius[1]) beschrieben hat.

Um Wasser aus einer bestimmten Tiefe zu gewinnen wird mit Vorteil der von Sclavo[39] beschriebene Apparat benutzt.

In jedem Fall fülle man die Sammelgefäße zuerst vollständig, entleere sie wieder, schwenke sie noch einigemale mit dem Wasser aus und fülle sie dann erst definitiv auf. Um die bereits gereinigten Korke nicht nachträglich beim Aufsetzen in die Flaschenöffnung wieder zu verunreinigen, trage man für reine Hände Sorge.

Pumpt man Wasser aus einem Brunnen, so läßt man etwa fünf Minuten lang das Wasser unbenützt auslaufen, da man sonst die im Brunnenrohre stehenden Anteile zur Prüfung bekommen würde. Leitungswasser darf aus demselben Grunde nur aus den Leitungsröhren, niemals aus einem Sammelbehälter, und da ebenfalls nur nach längerem Laufen entnommen werden. Freilich können auch Verhältnisse in Frage kommen, welche gerade die Prüfung des in den Brunnenröhren und Sammelbehältern schon längere Zeit stehenden Wassers erforderlich machen; doch sind dies verhältnismäßig Ausnahmefälle.

Von größter Wichtigkeit bei der Entnahme von Wasserproben, vor allem aus Brunnen, ist ferner die Okularinspektion, sei es nun, daß diese durch Gemeindebeamte, die in dieser Richtung von einem Sachverständigen genau unterrichtet sind, oder durch den Sachverständigen selbst erfolgt. Die Untersuchung der örtlichen Verhältnisse, des Zustandes der Entnahmestelle oder Wasserversorgungsanlage, die Lage derselben zu Abortgruben, Düngerstätten u. dergl., Geruch Geschmack an Ort und Stelle festzustellen, sollte niemals versäumt werden. In Bayern geschieht in dieser Richtung durch die Beamten der staatlichen Untersuchungsanstalten sehr viel. In München z. B. sind die städtischen Bezirksinspektoren über die Art der Probeentnahme von Wasser genau unterrichtet, sodann sind sie angewiesen, mit der betreffenden Probe stets einen Bericht über den Zustand des Brunnens, seine Benutzung, seine Lage zu Abortgruben etc., über Farbe, Geruch, Trübung des Wassers an die kgl. Untersuchungsanstalt einzureichen. Auch die den Operationskursen für Militärärzte im Jahre 1890 zugegangenen Schemas für die Einträge der Wasserbefunde nehmen hierauf Rücksicht. (Vergl. den Abschnitt über Beurteilung des Trinkwassers.)

Nachdem die Probeflaschen gefüllt sind, erscheint es geboten, dieselben in geeigneter Weise zu etikettieren und zu versiegeln. Die Menge der Wasserprobe soll nie weniger als 2 l betragen.

Da die gesammelten Wasserproben unter Umständen auch in den verschlossenen Flaschen bald Veränderungen erfahren können, die sich besonders auf den Geruch, auf den Gehalt an organischen Substanzen und deren Zersetzungsprodukte (Ammoniak, Nitrite etc.) erstrecken, so muß die Beförderung derselben an das einschlägige Untersuchungsamt mit thunlichster Beschleunigung erfolgen; desgleichen ist die Analyse sobald wie möglich nach der Probeentnahme auszuführen. Kann die Bestimmung der veränderlichen Substanzen (Ammoniak etc., organische Substanz) nicht ausgeführt werden, bevor Zersetzungen eintreten würden, so sind die Probeflaschen durch Lagern auf Eis zu schützen, da dann die durch niedere Organismen veran-

laßten chemischen Prozesse so langsam verlaufen, daß merkliche Unterschiede nicht hervortreten können.

Da ferner die Zusammensetzung eines Wassers je nach den Witterungsverhältnissen schwanken kann, ist es in allen Fällen, wo es sich um eine Wasserversorgung handelt, unbedingt erforderlich, daß die Prüfungen in geeigneten Zwischenräumen mehrmals wiederholt werden. Niemals sollte man sich, ohne genaue Kenntnis der örtlichen, geognostischen, hydrographischen Verhältnisse, mit einer einmal ausgeführten Analyse begnügen.

In vielen Fällen wird man auch in die Lage kommen, die Temperatur des Wassers ermitteln zu müssen. Da es eine Bedingung der Güte eines Wassers ist, daß die Temperatur ebenso wenig wie die Zusammensetzung größeren Schwankungen unterliege, ist wie bei der chemischen Analyse auch bei der Prüfung der Temperatur öftere Kontrolle nötig.

Zur Temperaturprüfung benutzt man ein in Zehntelgrade eingetheiltes, auf seine Genauigkeit geprüftes Quecksilberthermometer. Läßt sich die Temperatur so bestimmen, daß man das Thermometer in den Wasserlauf in einiger Entfernung vom Ufer senken und seinen Stand genau beobachten kann, während es im Wasser bleibt, so ist diese Bestimmungsmethode die einfachste und beste; andernfalls senkt man eine große Flasche mit dem darin befindlichen Thermometer in das Wasser, läßt sie, nachdem sie sich gefüllt hat, 15 bis 20 Minuten darin verweilen und notiert unmittelbar nach dem Emporziehen die Temperatur.

Strömt das Wasser aus einer Leitung oder einem Rohre aus, so läßt man dasselbe in einen größeren Glastrichter fließen, dessen Ablauf man in geeigneter Weise so verengt, daß ungefähr ebensoviel Wasser abläuft als oben einströmt. Man befestigt sodann das Thermometer in der Mitte der im Trichter befindlichen Wassermasse und beobachtet nach 15 bis 20 Minuten seinen Stand.

Bei der Temperaturprüfung des Wassers wäre auch die Lufttemperatur zu notiren.

## II. Qualitative Prüfung des Wassers.

In manchen Fällen kann schon eine qualitative Prüfung genügen, um die Unbrauchbarkeit eines Wassers erkennen zu lassen.

Bei jeder Wasseruntersuchung ist zunächst Rücksicht zu nehmen auf **Klarheit, Farbe, Geruch, Geschmack** und **Reaktion.**

Durch Uebergießen in Cylinder von farblosem Glase hat man sich zu überzeugen, ob das zu prüfende Wasser vollkommen klar erscheint, oder opalesciert, oder schwach trübe ist. Stärkere Trübungen, wie sie durch gröbere suspendierte Stoffe bedingt werden, fallen in der Regel schon beim Einsammeln der Proben in die Sammelgefäße auf. Bei längerem Stehen setzen sich die suspendierten Stoffe größtentheils am Boden der Flaschen ab, und man kann dann die überstehende Fähigkeit in der eben angedeuteten Weise prüfen. Bodensätze, wie überhaupt alle gröberen Verunreinigungen, sind einer mikroskopischen Prüfung zu unterziehen; letztere ist überhaupt bei jedem Wasser, soferne es nicht ganz klar ist, vorzunehmen. Die

mikroskopische Prüfung, wie auch die Deutung des mikroskopischen Befundes werden von Loeffler in dem folgenden Abschnitte behandelt.

Die Konstatierung einer Färbung des Wassers wird zweckmäßig nur mit klarem, entweder durch Filtrieren oder durch Absetzenlassen gereinigtem Wasser vorgenommen. Hierzu genügen ca. 20 cm hohe und ca. 3 cm weite Cylinder von farblosem Glase, welche man auf weißes Papier stellt; zum Vergleiche halte man sich absolut farbloses Wasser bereit. Man beobachtet nun den Farbenton der Flüssigkeitssäule, indem man von oben herab durch das Wasser sieht.

Der **Geruch** eines Wassers tritt am deutlichsten bei mäßigem Erwärmen hervor. Die Prüfung auf den Geruch, wie auch die Geschmacksprüfung soll stets an der Schöpfstelle oder wenigstens sofort nach dem Oeffnen einer Flasche erfolgen.

Die **Reaktion** ermittelt man am besten mit empfindlichem Lackmuspapier, sowohl mit rotem wie blauem; in selteneren Fällen wo eine stärker alkalische Reaktion vorhanden ist, kann man auch Curcumapapier benutzen.

Von den im Wasser vorkommenden Gasen beansprucht die **freie Kohlensäure** um deßwillen Beachtung, weil deren Vorhandensein schon manchem Leitungsmaterial gefährlich wurde. Zu deren Nachweis dient die von Pettenkofer[2]) vorgeschlagene Prüfung mit einer neutralen alkoholischen Rosolsäurelösung. Wasser, welches freie Kohlensäure absorbiert enthält, bleibt auf Zusatz der Rosolsäure unter den von Pettenkofer vorgeschlagenen Bedingungen farblos, oder färbt sich nur schwach gelblich, wogegen doppelt kohlensaure Salze bei Abwesenheit freier Kohlensäure eine Rotfärbung bewirken. Die Prüfung ist entweder an der Wasserentnahmestelle selbst oder wenigstens sofort nach dem Oeffnen einer Flasche vorzunehmen.

Man löst nach Pettenkofer ein Teil reine Rosolsäure in 500 Teilen 80-proz. Weingeist, neutralisiert diese orangegefärbte Lösung mit etwas Aezbaryt bis zur beginnenden rötlichen Färbung, und setzt von dieser Lösung etwa $^1/_2$ ccm auf ein Volum von etwa 100 ccm Wasser zu

Die halbgebundene Kohlensäure wird auf Zusatz von klarem Kalkwasser im Ueberschuß durch die daraufhin entstehende Trübung, die ganz gebundene, auf Zusatz von einigen Tropfen verdünnter Salzsäure zum Abdampfrückstand durch das Aufbrausen erkannnt.

**Schwefelsäure.** Man säuert etwa 20 ccm Wasser mit einigen Tropfen Salzsäure an und fügt einige Tropfen Chlorbaryum-Lösung 1 : 10 hinzu. Eine Trübung oder ein Niederschlag läßt geringere oder größere Mengen Schwefelsäure erkennen, die meist an Kalk, seltener an Alkalien gebunden im Wasser vorkommt.

**Chlor** erkennt man in der Weise, daß man etwa 20 ccm Wasser mit einigen Tropfen verdünnter Salpetersäure ansäuert und sodann einige Tropfen einer Silbernitratlösung 1 : 20 zufügt. Bei Anwesenheit von Chloriden bildet sich ein weißer, käsiger Niederschlag, oder eine Trübung von Chlorsilber, das in Ammoniak im Ueberschuß wieder löslich ist.

**Salpetrige Säure.** Man giebt etwa 50 ccm Wasser in einen Cylinder von farblosem Glase, säuert mit einem ccm verdünnter reiner Schwefelsäure an und läßt in die Mischung einen ccm reiner Jodzinkstärkelösung fließen. Bei Gegenwart von salpetriger

Säure, welche das Jod frei macht, entsteht eine um so tiefere Blaufärbung je mehr von derselben vorhanden ist. Die Einwirkung direkten Sonnenlichtes ist hierbei zu vermeiden, auch ist die Reaktion nur dann maaßgebend, wenn die Blaufärbung sofort oder längstens nach 5 Minuten eintritt. Um den Farbenton besser beobachten zu können, stelle man den Cylinder auf eine weise Unterlage und blicke auf die Oberfläche, also durch die ganze Höhe der Schicht.

Bereitung der Jodzinkstärkelösung: 4 g Stärkmehl werden in einem Porzellanmörser mit etwas Wasser verrieben und nach und nach zu einer siedenden Lösung von 20 g Zinkchlorid in 100 ccm destilliertem Wasser eingetragen; man kocht unter Ergänzung des verdampfenden Wassers, bis die Stärke möglichst gelöst und die Flüssigkeit fast klar geworden ist, sodann verdünnt man mit destilliertem Wasser, setzt 2 g Zinkjodid zu, füllt zum Liter auf, und filtriert. Das Reagens ist in einer gut schließenden Flasche im Dunkeln aufzubewahren.

Auch die von P. Grieß[3]) entdeckte Eigenschaft der salpetrigen Säure, Metaphenylendiamin (Metadiamidobenzol) in Triamidoazobenzol, einen Körper von lebhaft gelber Farbe (Bismarckbraun) umzuwandeln, wird zum qualitativen Nachweis der salpetrigen Säure benutzt. Man löst zu diesem Zweck 5 g reines, bei 63° schmelzendes Metaphenylendiamin in destilliertem Wasser, fügt sofort verdünnte Schwefesäure bis zur deutlich sauren Reaktion hinzu und füllt mit destilliertem Wasser zum Liter auf. Sollte diese Lösung gefärbt erscheinen, so wäre sie vor dem Gebrauch mit ausgeglühter Tierkohle unter Erwärmen zu entfärben. Die so entfärbte Lösung kann man dann in einem verschlossenen Gefäß monatelang zum Gebrauche aufbewahren, ohne daß sie dabei merklich dunkler wird.

Zum Nachweis der salpetrigen Säure werden 100 ccm Wasser in einem Cylinder von farblosem Glase mit 1 bis 2 ccm verdünnter Schwefelsäure angesäuert und sodann mit 1 ccm der obigen farblosen Lösung versetzt. Je nach dem geringeren und höheren Gehalt an salpetriger Säure entsteht eine gelbe oder gelbbraune Färbung.

Beide Prüfungsmethoden, sowohl die mit Jodzinkstärke wie die mit Metaphenylendiamin sind ungemein empfindlich; nach Grieß lassen sich mit letzterem $^1/_{10}$ mg und weniger im Liter nachweisen; ersterer ist aber nach meinen Erfahrungen noch höhere Empfindlichkeit eigen.

P. Grieß[4]) hat später, im Jahre 1879 noch eine Reaktion auf salpetrige Säure beschrieben, die an Empfindlichkeit die eben angegebenen noch übertrifft. Versetzt man nämlich ein Wasser, welches auch nur Spuren von salpetriger Säure enthält, in einem Cylinder mit dicht eingeschliffenem Glasstöpsel, nach dem Ansäuren mit reiner Schwefelsäure, mit etwas Sulfanilsäurelösung und ungefähr 10 Minuten nachher mit einigen Tropfen, einer durch Tierkohle entfärbten schwefelsauren Naphtylaminlösung, so bemerkt man nach kurzer Zeit das Auftreten einer roten Färbung. Der Verlauf der Reaktion ist hierbei folgender: die salpetrige Säure führt die Sulfanilsäure in die entsprechende Diazoverbindung über, welche sich dann mit dem Naphtylamin zu dem rotgelben Farbstoff verbindet, durch welchen die Rotfärbung der Flüssigkeit bewirkt wird.

Doch erscheint diese Reaktion für die Trinkwasseranalyse fast zu

empfindlich, da schon der Gehalt der Luft an salpetriger Säure den Eintritt einer Rotfärbung der Flüssigkeit bewirken kann, wenn sie längere Zeit mit der Atmosphäre in Berührung bleibt; der Versuch ist daher in vollgefüllten, verstöpselten Gefäßen auszuführen. — Bezüglich der ersten dieser drei für den Nachweis der salpetrigen Säure benutzbaren Methoden ist hervorzuheben, daß wie Gratama[5]) angiebt, der Jodkaliumstärkekleister durch Eisenoxyd, dessen Gegenwart im Brunnenwasser nicht eben so selten ist, eine Bläuung erfahren kann; auch könnte dieses Reagens bei Gegenwart gewisser oxydierender Substanzen, wie z. B. Wasserstoffsuperoxyd zu Täuschungen Veranlassung geben*).

Um daher sicher zu gehen, wird man gut thun, in zweifelhaften Fällen auch die eine oder andere der Grieß'schen Reaktionen vorzunehmen.

**Salpetersäure.** Der qualitative Nachweis der Salpetersäure ist bei gleichzeitiger Anwesenheit von salpetriger Säure mit Bestimmtheit nicht zu führen. War jedoch das Wasser frei von salpetriger Säure befunden worden, so werden die folgenden Prüfungsmethoden das Vorhandensein von Salpetersäure anzeigen.

*a.* Man versetzt etwa 20 ccm Wasser unter fortwährendem Umschütteln schnell mit dem gleichen Volumen reiner (nitritfreier!) konz. Schwefelsäure und fügt aus einer Pipette sofort zur heißen Lösung tropfenweise sehr verdünnte Indigolösung hinzu. Tritt hierbei nicht sogleich Bläuung der Flüssigkeit ein, so ist je nach dem früheren oder späteren Eintritt derselben Salpetersäure in geringeren oder größeren Mengen vorhanden. Die Reaktion beruht darauf, daß Indigolösung durch Salpetersäure bei höheren Temperaturen (110 bis 120° C.) entfärbt wird. Beim Vermischen des Wassers mit conc. Schwefelsäure tritt diese Temperaturerhöhung von selbst ein.

*b.* Ungemein empfindlich ist die E. Kopp'sche[6] Reaktion mit Diphenylamin, doch will diese Reaktion mit der größten Sorgfalt ausgeführt sein, wenn sie nicht, wie ich mich schon oft überzeugt habe, zu Täuschungen Veranlassung geben soll.

Man verfährt hierbei in der Weise, daß man ein möglichst kleines Körnchen Diphenylamin in 1 ccm reinster konzentrierter Schwefelsäure durch Schütteln in der Kälte löst. Man beachte, daß die Lösung eine vollständige war, ehe man das zu prüfende Wasser tropfenweise vorsichtig auf die Säure schichtet. Bei Gegenwart von Salpetersäure bildet sich nun zunächst an den Berührungsstellen beider Schichten ein blauer Ring, der sich bei gelindem Schütteln je nach dem Gehalt an Salpetersäure intensiver nach unten verbreitet.

Hat man zu viel Diphenylamin genommen, sodaß die Lösung in Schwefelsäure einen rötlichen Stich annimmt, so mißlingt die Reaktion auch bei Gegenwart von Salpetersäure.

Empfehlenswert erscheint es unter Umständen, sich einen größeren Vorrat einer Lösung von Diphenylamin bereit zu halten, indem man 0,1 g zu 1 L konz. Schwefelsäure (Kopp'sche Lösung) löst. 1 ccm dieser Lösung genügt für jede Probe. Diese Lösung hält sich nach meiner Erfahrung längere Zeit, wenn sie vor Licht geschützt und zur Ab-

---

*) Alle Beachtung verdient der Vorschlag H. Král's, bei eisenhaltigen Wässern an Stelle von Schwefelsäure Oxalsäure (1 : 10) zu verwenden (Pharm. Centralh. Bd. XV. 1894. p. 619.).

haltung nitrithaltiger Luft mit einer Röhre verschlossen wird, die mit Natronlauge getränkte Bimssteinchen enthält.

Von ähnlicher Empfindlichkeit wie die soeben beschriebene Probe ist jene mit Brucin und Schwefelsäure, welche A. Wagner[7]) in folgender Weise ausführt: In ein kleines, 10 ccm fassendes weißes Porzellanschälchen giebt man 1 ccm des zu prüfenden Wassers und ein Körnchen Brucin und fügt $^1/_2$ ccm konz. Schwefelsäure auf einmal zu. Bei Gegenwart von Nitraten entsteht eine Rötung.

Bei jeder Prüfungsmethode auf Nitrite und Nitrate ist es eine Hauptsache, die nicht genug betont werden kann, daß jedes zur Untersuchung verwendete Material von Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs frei ist, daher man immer gut thun wird, sich durch Vergleichsversuche mit absolut nitrit- und nitratfreiem Wasser von der Reinheit seiner Reagentien und Gefäße zu überzeugen *).

**Ammoniak:** Bei der ungemeinen Verbreitung des Ammoniaks, insbesondere in der Luft unserer Laboratorien, ist eine Verunreinigung der Gefäße und Flüssigkeiten nur zu leicht möglich, daher auch bei dieser Prüfung größte Vorsicht erforderlich ist.

Man bereite sich zunächst ammonikafreies destilliertes Wasser, indem man Brunnenwasser nach Trommsdorff mit einer kleinen Menge zweifach schwefelsaurem Kali destilliert und die zuerst übergehenden Anteile beseitigt.

Wir besitzen in der von J. Nessler[8]) zuerst zum Nachweis des Ammoniaks empfohlenen Quecksilberkaliumjodidlösung zur Zeit das beste Reagens.

Das Nessler'sche Reagens wird nach Hadow[9]) in folgender Weise bereitet: 50 g Kaliumjodid werden in etwa 50 ccm heißen destillierten Wassers gelöst und mit einer konzentrirten heißen Quecksilberchloridlösung in solcher Menge versetzt, daß der dadurch gebidete Niederschlag aufhört, sich wieder zu lösen (20—25 g Quecksilberchlorid sind hierzu erforderlich). Man filtriert, vermischt mit einer Auflösung von 150 g Kaliumhydrat in 300 ccm Wasser, verdünnt auf 1 L., fügt noch eine Menge (etwa 5 ccm) der Quecksilberchloridlösung hinzu, läßt den Niederschlag sich absetzen und dekantiert. Die Lösung muß in wohlverschlossenen Flaschen aufbewahrt werden.

Zum Nachweis des Ammoniaks versetzt man ca. 50 ccm Wasser in einem Cylinder von farblosem Glase mit $^1/_2$ ccm Nessler'schem Reagens. Man beobachtet nun, indem man von oben schräg durch die Flüssigkeitsschichte auf ein untergelegtes weißes Papier sieht, die Färbung. Vorausgesetzt, daß das Wasser nicht an sich schon gelb gefärbt erschien, wird nun bei Anwesenheit von Spuren Ammoniak zunächst nur ein gelber, oder gelbroter Farbenton zu sehen sein; bei größeren Mengen aber entsteht sofort ein gelbroter Niederschlag (Diquecksilberammonjodid).

Da die in den natürlichen Gewässern häufig in bedeutenderen Mengen vorkommenden Salze des Kalciums und Magnesiums mit der alkalischen Quecksilberkaliumjodidlösung Niederschläge geben, welche die Beobachtung unter Umständen beeinträchtigen, müssen in kalk- und magnesiumreichen Wassern erst diese Salze durch Zusatz kleiner

*) An dieser Stelle sei auf die Beobachtungen Ant. Baumann's „Ueber die Entstehung der Salpetersäure nnd salpetrigen Säure in der Natur durch Verdampfung von Wasser etc. etc.“. (Landw. Versuchsstat. Bd. XXXV. 1888 S. 217 u. ff. Berlin P. Parey) hingewiesen.

Mengen von Natriumcarbonat (Soda) und — zur Vervollständigung der Fällung von Magnesiasalzen — Natronlauge als unlösliche Carbonate ausgefällt werden. Man ruft darauf die Farbenreaktion in einer kleineren Quantität (etwa 25 ccm) des von dem Niederschlag durch Dekantieren getrennten Wassers hervor.

Die Sodalösung bereitet man sich durch Auflösen von 1 Th. kohlensaurem Natron in 2 Th. destill. Wasser, die Natronlauge durch Auflösen von 1 Th. frisch geschmolzenem reinem, aus Natriummetall bereiteten Aetznatron in 2 Th. destill. Wasser. Selbstverständlich müssen diese Reagentien frei von Ammoniak sein.

Auf 50 ccm des zu prüfenden Wassers genügen in allen Fällen $^1/_2$ ccm Sodalösung und $^1/_4$ ccm Natronlauge zur Ausfällung.

**Schwefelwasserstoff** wird in der Regel beim Schöpfen der Proben schon durch den Geruch zu erkennen sein. Zum qualitativen Nachweis kann man sich Streifen von Filtrierpapier, die mit basisch-essigsaurer Bleilösung getränkt sind, bedienen, die sich bei Anwesenheit von Schwefelwasserstoff durch Bildung von Schwefelblei schwärzen, wenn man sie mit dem zu prüfenden Wasser betupft oder sie von den Dämpfern des erwärmten Wassers bestreichen läßt.

Es ereignet sich häufig, daß bei der Probeentnahme Schwefelwasserstoff zu riechen war, wogegen dies beim Oeffnen der Probeflaschen nicht mehr der Fall ist; dies kann namentlich dann vorkommen, wenn zwischen Probeentnahme und Beginn der Analyse ein längerer Zeitraum liegt. In solchen Fällen machen sich aber dann meist Ausscheidungen von Schwefel im Wasser bemerklich.

**Kalk** und **Magnesia**. Etwa 50 ccm Wasser werden mit Salzsäure angesäuert und mit Ammoniak im Ueberschuß versetzt; sodann fügt man etwa 1 ccm einer Lösung (1: 20) von Ammonoxalat zu. Bei Gegenwart von Kalksalzen bildet sich eine weiße Trübung oder ein weißer Niederschlag von Kalkoxalat, der löslich in Salzsäure und unlöslich in Essigsäure ist.

War schon auf Zusatz von Ammoniak eine Trübung zu beobachten, so konnte diese von Thonerde, event. auch von Eisen herrühren; man hat dann die Prüfung auf Kalk im Filtrat vorzunehmen.

Die Prüfung auf **Magnesia** erfolgt in der vom Kalkoxalat abfiltrierten, stark ammoniakalischen Flüssigkeit durch Zusatz einer Lösung von Natriumphosphat (Lösung 1 : 10). Doch hat man sich erst davon zu überzeugen, daß wirklich aller Kalk im oxalsaurem Ammoniak ausgefällt war.

Bei Gegenwart von Magnesiaverbindungen bildet sich auf Zusatz von Natriumphosphat: phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, welche sich in weißen glänzenden Flimmern allmählig ausscheidet; durch Rühren mit einem Glasstab kann die Ausscheidung beschleunigt werden.

Uebrigens giebt sich die Gegenwart von doppeltkohlensaurem Kalk, der im Wasser verbreitesten Kalkverbindung, schon beim blosem Kochen eines Wassers durch die entstehende weiße Trübung zu erkennen, indem hierbei die halbgebundene Kohlensäure entweicht und der durch diese in Lösung gehaltene Kalk als nunmehr unlöslich ausfällt.

**Eisen** ist in minimalen Spuren wohl in jedem Wasser vorhanden, daher eine qualitative Prüfung in der Regel nur dann von Erfolg begleitet ist, wenn größere Wassermengen konzentriert werden. Man würde demnach mindestens einen halben Liter nach dem Ansäuren mit etwas Salpetersäure auf ein geringes Volumen einzuengen und

dann mit Ferrocyankalium zu versetzen haben, wobei Eisen durch die bekannte Bildung von Berliner Blau (Ferriferrocyanid) erkannt wird.

Da aber das Vorkommen minimaler Spuren von Eisenverbindungen im Wasser ohne Bedeutung ist, wird man sich in der Regel eine solche qualitative Prüfung ersparen können. Man hat vielmehr darauf zu achten, ob Eisen in größerer Menge und in welcher Form es im Wasser vorkommt.

Das Eisen kommt entweder als Oxyd oder als Oxydul, wohl auch als Sulfid im Wasser vor. Gewöhnlich ist es als doppelt kohlensaures Eisenoxydul im Wasser gelöst, da Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat unter Mitwirkung von reduzierenden organischen Stoffen im Boden in Oxydul übergeführt werden, welches hinwiederum vom kohlensäurehaltigen Wasser als Bicarbonat aufgenommen wird. Dagegen wird aus Eisensulfid bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit Eisensulfat (Eisenvitriol) gebildet, welches ebenfalls im Wasser löslich ist.

Quellen, die doppeltkohlensaures Eisenoxydul enthalten, setzen in dem Maße als sie bei dem Zutagetreten oder während ihres Laufes an der Erdoberfläche Kohlensäure verlieren, unter gleichzeitiger Einwirkung des Sauerstoffs der Luft und des absorbierten Sauerstoffs, bez. durch die Thätigkeit von Wasserbakterien, unlösliche Eisenverbindungen (entweder Eisenoxydhydrat oder basische Sulfate) ab. Daher beobachten wir an jenen Stellen, wo diese Quellen zu Tage treten, und auch in ihrem ferneren Verlaufe an den Uferstellen oder an hervorragenden Gesteinsflächen, gelbliche oder braunrote Schlammbildungen. Auch finden wir beim Einsammeln solcher Wasser sehr bald Trübungen in den Flaschen entstehen, insbesondere wenn diese nicht vollgefüllt und sofort verschlossen werden, die je nach dem höheren Eisengehalt auch zu förmlichen Bodensätzen und Flocken von Ockerfarbe führen.

Eisenwasser besitzen auch häufig bräunliche Färbung und adstringierenden, tintenähnlichen Geschmack.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß wir bei der Prüfung auf Eisen zunächst zu beachten haben, ob sich dasselbe nicht schon in Form von Flocken als Eisenoxydhydrat abgeschieden hat. Man wird also gelbbraun gefärbte Bodensätze und Flocken mit heißer Salpetersäure zu digerieren und mit Ferrocyankalium auf Eisen zu prüfen haben.

Im anderen Falle, wenn das Wasser Eisen noch gelöst enthält, führt die Zugabe von etwas Gallus- oder Gerbsäurelösung zu etwa 100 ccm Wasser am besten zum Ziele; man wird sofort eine zarte Rosafärbung oder bei höherem Eisengehalt eine dunkle Violettfärbung beobachten können.

Wenn auf diese Weise Eisen im Wasser qualitativ angezeigt ist, so muß unter allen Umständen eine quantitative Bestimmung desselben folgen (siehe Abschnitt III).

Hygienisches Interesse kann unter Umständen auch den qualitativen Nachweis von **Blei, Zink, Kupfer,** welche aus dem Leitungsmaterial in eine Wasserleitung gelangt sein können, ferner den qualitativen Nachweis von **Thonerde** und von **Phosphorsäure** erforderlich machen.

Hierzu sind aber immer große Wasserquantitäten erst zu konzentrieren. Bezüglich des Nachweises sei auf die Untersuchung des

Wassers von Tiemann-Gärtner[10]) verwiesen. Die Prüfungen auf **Gifte**, wie Arsenik etc. fallen nicht in den Rahmen dieses Abschnittes. — Noch erübrigt, auf die im Wasser nie fehlenden **organischen Substanzen** hinzuweisen. Deren qualitativer Nachweis kann im Abdampfrückstand von ca. 200 ccm Wasser erfolgen, indem man denselben allmählig stärker erhitzt und schließlich über der freien Flamme zum gelinden Glühen bringt. Der Rückstand von Wasser, welches wenige organische Substanzen mit sich führt, bleibt hierbei unverändert; tritt aber Bräunung oder gar Schwärzung ein, so sind solche in größerer Menge vorhanden; hierbei wird der Geruch nach verbrannten Haaren zu beobachten sein, wenn stickstoffhaltige organische Substanzen in größerer Menge vorhanden sind.

## III. Quantitative Prüfung des Wassers.

Wer in der Lage ist, die chemische Zusammensetzung der Quellwasser eines Bezirkes aus eigener Erfahrung zu kennen, oder wer im Besitze eines umfassenden Analysenmaterials von Wassern aus den verschiedensten geologischen Formationen ist, wird kaum einmal eine qualitative Vorprüfung eines Wassers ihm bekannten Ursprungs ausführen, derselbe wird wohl nahezu ausnahmslos mit einer quantitativen Analyse bei jenen Bestandteilen, bei welchen eine solche ausführbar erscheint, beginnen.

Da aber die Zahl solcher Sachverständigen keine allzugroße sein dürfte, mußte der Beschreibung der qualitativen Analyse ein größerer Raum gewährt werden, um auch Aerzte, Medizinalbeamte nötigenfalls in den Stand zu setzen, sich über die qualitative Zusammensetzung eines Wassers ein ungefähres Bild machen zu können.

Die quantitative Analyse eines Wassers wird wohl nirgends anders als in einem chemischen oder hygienischen Laboratorium auszuführen sein, und da hier die ausführlichste einschlägige Litteratur zur Verfügung steht, kann ich mich bei Beschreibung der quantitativen Analyse kürzer fassen. Berücksichtigung sollen daher an dieser Stelle nur jene Bestandteile und jene Bestimmungsmethoden finden, welche sich nach meiner Erfahrung bewährt haben und geeignet sind, soweit Wasserversorgungen in Frage kommen, wirklich hygienisches Interesse zu erwecken.

Um praktisch verwertbare und vergleichbare Resultate zu erhalten, genügt es nicht allein, daß der Analytiker exakt zu arbeiten versteht, sondern ein Haupterfordernis besteht darin, daß die verschiedenen Analytiker womöglich nach einheitlichen Methoden arbeiten. In der Verschiedenheit der Untersuchungsmethoden allein kann bei manchen Bestandteilen eine erhebliche Abweichung seitens verschiedener Analytiker gefunden werden. Es ist daher mit Befriedigung zu begrüßen, daß mehr und mehr sich Bestrebungen geltend machen, in dieser Richtung Einheit zu erzielen. Vorangegangen ist denselben die englische Society of public analysts[11]) im Jahre 1881. Bald folgten die Bayrischen Vertreter der angewandten Chemie[12]), sodann die Schweizerischen u. A.

Man hat sich im Laufe der Jahre auch dahin geeinigt, die erhaltenen Zahlenresultate in Milligrammen pro Liter anzugeben, auch ist man immer mehr davon abgekommen, die gefundenen Säuren und Basen zu Salzen zusammenzustellen. Die im Wasser vorgefundenen

Metalle werden also in der Regel als Metalloxyde, die sauerstoffhaltigen Säuren als Säureanhydride und das Chlor als solches angeführt.

1. **Bestimmung des Abdampfrückstandes.** a) In klaren Wässern. 200 oder 250 ccm Wasser werden in einer tarierten Platinschale auf dem Wasserbade vorsichtig verdampft. Man hat hierbei

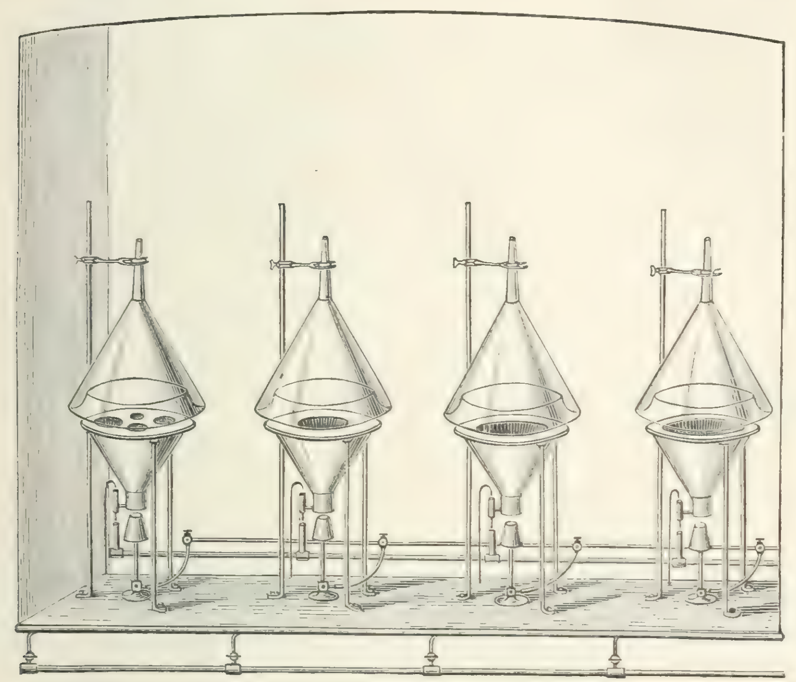


Fig. 1.

vor allem Sorge zu tragen, daß keine Verunreinigungen während des Abdampfens in die Schale fallen können, indem man in geeigneter Entfernung über der Schale einen größeren Glastrichter, mit dem weitesten Durchmesser gegen dieselbe gestülpt, an einem Stativ befestigt anbringt (siehe Fig. 1 und 1 a).

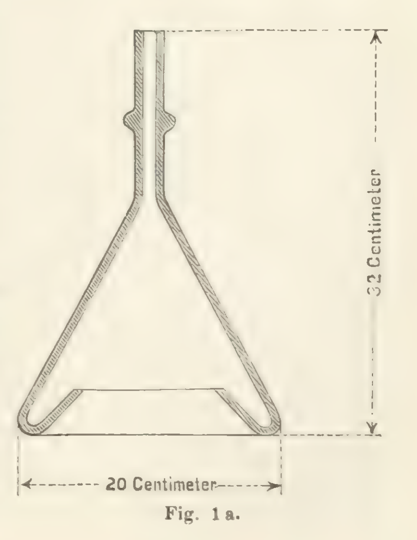



Fig. 1 a.

An Stelle von Platinschalen können auch, insbesondere, wenn der Abdampfrückstand nicht weiter verwendet werden soll, Schalen aus Glas, Porzellan benutzt werden.

Nachdem alles Wasser zur Trockne gebracht ist, nimmt man die Schale vom Wasserbade, reinigt deren Außenseite von allenfalls anhaftenden Ver-

unreinigungen mit einem weichen, sauberen Tuch und bringt sie in ein Lufttrockenbad, welches auf einer Temperatur von 100 ° C. konstant erhalten werden kann.

Nach dreistündigem Trocknen wird dann die Schale zur Abkühlung in einen Exsiccator gebracht, und nach dem völligen Erkalten die durch den Abdampfrückstand bewirkte Gewichtszunahme, welche die Menge der im untersuchten Wasser gelöstcn festen Bestandteile repräsentiert, auf der analytischen Wage genau festgestellt. Da die durch Abdampfen gewonnenen getrockneten Salze häufig Neigung haben, Wasser aus der Luft anzuziehen, so findet man bei der ersten Wägung, da dieselbe immer etwas längere Zeit in Anspruch nimmt, das Gewicht leicht zu hoch. Man bringt sodann die Schale wieder in das Luftbad und fährt mit dem Trocknen bei 100 ° C. wieder etwa 3 Stunden fort, um sodann durch erneutes Wägen zu erfahren, ob nach den ersten 3 Stunden schon Gewichtskonstanz erzielt worden war. Man hat mit dem Trocknen und Wägen so lange fortzufahren, bis Konstanz des Gewichtes erreicht ist.

b) Bei trüben, durch suspendierte Substanzen verunreinigten Wässern teilt sich die Bestimmung des Abdampfrückstandes in eine doppelte, insofern man zunächst 200 oder 250 ccm des kräftig durchschüttelten Flascheninhaltes, sodann ebensoviel durch Absitzenlassen oder Filtrieren geklärten Wassers in der oben besprochenen Weise eindampft, trocknet und wägt.

Man erfährt so aus der Gewichtsdifferenz der beiden Abdampfrückstandsmengen auch die Menge der suspendierten Bestandteile.

Die Ermittelung des durch Veraschen und Glühen des Abdampfrückstandes bewirkten Glühverlustes kann hier übergangen werden, da dieselbe für die hygienische Beurteilung eines Trinkwassers wegen der vielen Fehlerquellen, die dieser Methode anhaften, keinen praktischen Wert hat (verg. No. 8 S. 526).

2. und 3. Der Abdampfrückstand kann, wenn er in Platin- oder Glasschalen gewonnen wurde, noch weiteren Zwecken dienen, vor allem zur quantittiven Bestimmung von **Kalk** und **Magnesia**.

Zu diesem Behufe wird derselbe in der Schale mit wenig Wasser und tropfenweise mit mäßig konzentrierter Salzsäure gleichförmig befeuchtet. Da der Rückstand der meisten Wässer reich an kohlensauren Salzen ist, wird sich auf den Zusatz der Salzsäure sofort heftiges Aufbrausen bemerkbar machen, wobei leicht durch Verspritzen Verluste entstehen. Um dies zu vermeiden, sei man beim Zusatz der Säure vorsichtig und halte die Schale nach Thunlichkeit mit einem Uhrglase von entsprechender Größe bedeckt, das man nach völliger Zersetzung der kohlensauren Salze, nachdem also kein Aufbrausen mehr erfolgt, mit destilliertem Wasser in die Schale hinein abspült. Man bringt nun den Inhalt der Schale auf dem Wasserbad wieder zur völligen Trockne, läßt erkalten, befeuchtet wieder direkt mit wenig konz. Salzsäure, sodaß die Masse halbflüssig erscheint, läßt eine halbe Stunde stehen, erwärmt dann auf dem Wasserbade, verdünnt mit heißem Wasser, rührt mit einem Glasstäbchen um, läßt absitzen und filtriert endlich die saure Flüssigkeit, welche allen Kalk und alle Magnesia als Chlorverbindungen in Lösung enthält, durch ein aschefreies Filter. Der ungelöst bleibende Teil enthält alle

**Kieselsäure**, welche zur quantitativen Bestimmung benutzt werden kann, hier aber kaum in Betracht kommt.

Schale und Filter werden mit heißem Wasser vollständig ausgewaschen, um auch die letzten Spuren von Kalk und Magnesia in das Filtrat zu bekommen. Man erhitzt nun das in einem Becherglase gesammelte Filtrat, fügt Ammoniak bis zur deutlich alkalischen Reaktion hinzu und kocht, bis der Geruch nach Ammoniak wieder verschwunden ist. Der entstandene Niederschlag enthält alles im Wasser vorhandene Eisen und Aluminium (Thonerde) als Oxydhydrate und könnte, wenn Anlaß gegeben wäre, für die gewichtsanalytische Bestimmung beider benutzt werden. In der Regel wird dies nicht nötig sein. Man filtriert nun, wäscht mit heißem Wasser gründlich nach und bestimmt im Filtrat zunächst den Kalk. Man versetzt zu diesem Behufe dasselbe mit wenig Ammoniak, erhitzt zum Sieden und fügt zu der Lösung, die nun vollkommen klar sein muß, so lange oxalsaures Ammoniak (1 : 20), als noch ein Niederschlag von oxalsaurem Kalk entsteht, dann noch eine weitere geringe Menge, um die gelöst bleibende Magnesia in oxalsaure Magnesia zu verwandeln. Man läßt nun 12 Stunden an einem warmen Orte stehen, filtriert dann durch ein aschefreies Filter und spült den gesamten Niederschlag mit heißem Wasser auf das Filter nach. Dasselbe enthält nun den Kalk als oxalsauren Kalk; derselbe ist mit heißem Wasser so lange auszuwaschen, bis ein Tropfen des ablaufenden Waschwassers auf dem Deckel eines Platintiegels verdampft, keinen glühbeständigen Rückstand mehr hinterläßt. Nach dem Trocknen bei 100° C. im Luftbade wird der Filterinhalt in einen Platintiegel gebracht; man erhitzt anfangs gelinde, allmählich über dem Gasgebläse bis zur Weißgluth, um den Kalk in Aetzkalk zu verwandeln. In der Regel wird ein 15 Minuten langes Glühen über dem Gebläse hierfür genügen. Das Filter mit den anhaftenden Resten von Kalk wird für sich verbrannt und geglüht und sodann zur Hauptmenge des Kalkes gegeben. Nach dem Erkalten wird als Aetzkalk (CaO) gewogen.

Im Filtrat der Kalkfällung und in dem damit vereinigten Waschwasser fällt man sodann die **Magnesia** unter Ammoniakzusatz mit phosphorsaurem Natrium als phosphorsaure Ammoniakmagnesia, läßt 12 Stunden stehen, filtriert sodann ab, bringt den Niederschlag aufs Filter und spült die letzten Teile desselben unter Zuhilfenahme einer Federfahne ebenfalls aufs Filter. Der Niederschlag wird mit einer Mischung von 3 Teilen Wasser und 1 Teil Ammoniak so lange ausgewaschen, bis einige Tropfen der ablaufenden Flüssigkeit mit Salpetersäure nnd etwas Silbernitrat versetzt, kein Opalisieren mehr zeigen. Man trocknet vollständig bei 100°, bringt den Niederschlag in einen Platintiegel und erhitzt anfangs gelinde, zuletzt zum heftigen Glühen. Das Filter wird für sich, wie oben angegeben, verbrannt und die Asche ebenfalls in den Tiegel gebracht; man glüht nochmals, läßt erkalten und wägt als pyrophosphorsaure Magnesia [$Mg_2P_2O_7$]. Zur Umrechnung auf Magnesia (MgO) hat man mit 0,3604 zu multiplizieren.

4. An die Bestimmung von Kalk und Magnesia schließt sich die Berechnung der **Gesamthärte** eines Wassers an.

Die Härte des Wassers ist bedingt durch seinen Gehalt an schwefelsaurem Kalk, kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia. Unter Härtegraden versteht man in Deutschland die Einheiten von Kalciumoxyd (inklusive der aus dem Magnesiumgehalt auf CaO

umgerechneten) in 100000 Teilen Wasser. Wenn also ein Wasser z. B. 16 Härtegrade besitzt, so ist damit gesagt, daß in 100000 Teilen Wasser 16 Teile Kalk, inkl. der auf Kalk umgerechneten Magnesia vorhanden sind. Dieselben sind zumeist an Kohlensäure und Schwefelsäure gebunden.

In Frankreich entspricht dagegen 1 Härtegrad 1 Teil Kalciumkarbonat in 100000 Teilen Wasser und in England 1 grain (=0,0648 g) Kalciumkarbonat in 1 Gallon (=4,543 l) Wasser. Es ist sonach 1 deutscher Härtegrad = 1,79 französischen = 1,25 englischen Härtegraden.

Unter der Gesamthärte eines Wassers sind die Härtegrade des ungekochten Wassers zu verstehen. Nun vollziehen sich aber beim Kochen eigentümliche Veränderungen, welche sich vorzugsweise auf das Entweichen eines Teiles von Kohlensäure, der sog. halbgebundenen erstrecken. Hierdurch wird ein erheblicher Teil von Kalk, und meist nur ein geringer von Magnesia als unlösliches Karbonat ausfallen. Man pflegt nun jene Anteile von Kalk, inkl. der hierauf umgerechneten Anteile von Magnesia, welche sich hierbei auf 100000 Teile berechnet, ausscheiden, als die temporären Härtgrade und jene, welche (inkl. Magnesia) auch beim Kochen im Wasser gelöst bleiben, als die permanenten Härtegrade zu bezeichnen. Während also die temporäre Härte im wesentlichen durch die Karbonate der Erdalkalien Kalk und Magnesia bedingt ist, hängt die permanente mehr von den Sulfaten, Nitraten und Chloriden derselben ab.

Die Berechnung der Gesamthärte eines Wassers erfolgt nun nach dem Gesagten am einfachsten und exaktesten, indem man den gefundenen Kalk auf 100000 Teile Wasser umrechnet und hierzu jene Menge Kalk noch addiert, welche sich ergiebt, wenn man aus dem gefundenen und auf 100000 Teile umgerechneten Magnesiumgehalt den äquivalenten Kalkgehalt berechnet; letzteres geschieht einfach durch Multiplizieren der Magnesia mit 1,4.

Hat man also im Liter 120 mg Kalk und 25 mg Magnesia gefunden, so giebt dies für 100000 Teile 12 Teile Kalk und ($2,5 \times 1,4 =$) 3,5 der Magnesia äquivalente Teile Kalk, i. s. 15,5 Härtegrade.

Wie eben gesagt, ist dieses Verfahren das genaueste. Die früher so beliebten Methoden der Härtebestimmung mittels Seifenlösung nach Clark sind ihres geringen Wertes wegen nicht zu empfehlen.

Man kann nun auch in die Lage kommen, die permanente Härte bestimmen zu müssen und man verfährt zu diesem Zweck in der Weise, daß man eine abgemessene Menge Wasser, z. B., 300 ccm eine halbe Stunde lang unter fortwährendem Ergänzen des verdampfenden Wassers durch destilliertes Wasser kocht. Sodann filtriert man vom ausgefallenen kohlensauren Kalk, der meist nur Spuren von kohlensaurer Magnesia enthält, ab, wäscht gut nach und bestimmt im Filtrat Kalk und Magnesia. Man erfährt so die permanente Härte, und aus der Differenz zwischen Gesamthärte und permanenter Härte resultiert die temporäre Härte. Oder man ermittelt die bei dem auf beschriebene Weise erfolgten Kochen ausgefallenen Kalk- und Magnesiamengen, und würde so umgekehrt die temporäre Härte erfahren und aus der Differenz zwischen ihr und der Gesamthärte die permanente Härte zu berechnen haben.

5. Die Bestimmung der **Kohlensäure** bietet für den Hygieniker zu wenig Interesse, um hier eine ausführliche Beschreibung derselben

folgen zu lassen. Man wird sich im Bedarfsfalle mit dem qualitativen Nachweis wirklich freier Kohlensäure begnügen können, da deren Gegenwart, wie schon bei der qualitativen Prüfung hervorgehoben, oft empfindliche Störungen in Leitungen verursachen kann. Sollte eine quantitative Bestimmung derselben erforderlich werden, so ist das von E. Reichardt[13] vorgeschlagene Titrierverfahren anzuwenden.

Auf $^1/_2$ event. 1 l Wasser fügt man in einem etwa doppelt so großen Kochkolben 1 ccm der Pettenkofer'schen Rosolsäurelösung zu, schüttelt um und läßt 5—10 Minuten ruhig stehen; erscheint die Flüssigkeit bleibend rotviolett, so ist keine freie Kohlensäure vorhanden; bei Gegenwart derselben wird die Flüssigkeit entfärbt oder gelb. Fügt mann alsdann aus einer Bürette (Fig. 2 bis 6) $^1/_{10}$ normale Natronlauge bis zur (5—10 Min.) anhaltenden rotvioletten Färbung hinzu, so kann der Verbrauch zur Berechnung der freien Kohlensäure dienen.

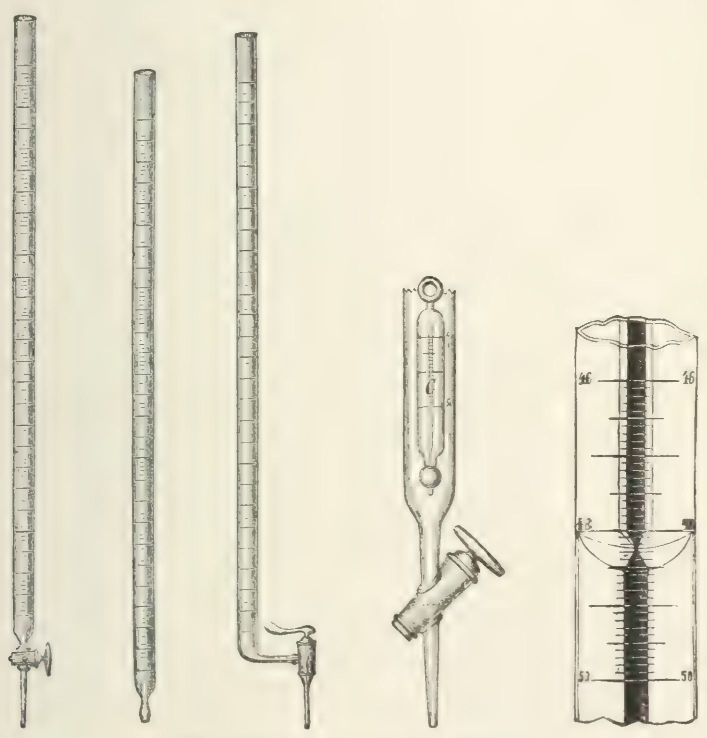


Fig. 2 bis 6. Verschiedene Büretten.

1 ccm $^1/_{10}$ normale Natronlauge ist gleich 0,0044 g Kohlensäure ($CO_2$).

Zur Bestimmung der Gesamtkohlensäure, sowie der sog. freien und halbgebundenen Kohlensäure sei auf das Trillich'sche[14] Verfahren hingewiesen, welches aber eine quantitative Bestimmung der Magnesia zur Voraussetzung hat.

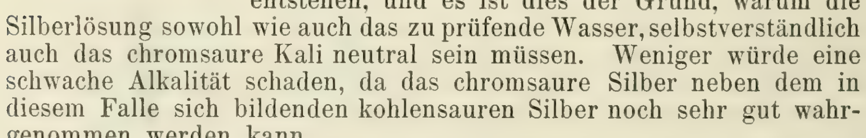
6. Häufiger wird man in die Lage kommen, den **Schwefelsäuregehalt** eines Wassers bestimmen zu müssen. Man säuert zu diesem Zweck 300 ccm Wasser mit verdünnter Salzsäure an, erhitzt zum Kochen und fügt nun aus einer Pipette (Fig. 7 u. 8) tropfenweise Baryumchloridlösung (1 : 10) zu; in der Regel genügen hiervon 5 ccm, um alle Schwefelsäure als schwefelsauren Baryt auszufällen; bei stark gipshaltigen Wässern wird man jedoch mehr (bis 10 ccm) zufügen müssen. Man läßt noch einmal aufkochen, dann erkalten und 12 Stunden lang zur völligen Klärung absetzen. Dann wird der Niederschlag abfiltriert, ausgewaschen, getrocknet und geglüht. Die Schwefelsäure wird hierbei als Baryumsalz ($SO_4Ba$) gewogen. 1 Teil Baryumsulfat entspricht 0,3433 Schwefelsäure ($SO_3$).

Fig. 7. Vollpipette. Fig. 8. Meſspipette.

7. Eine der wichtigsten Bestimmungen ist die Bestimmung des **Chlors.** Dasselbe ist meistenteils als Chlornatrium (Kochsalz) im Wasser vorhanden, daneben finden sich aber auch die Chloride des Kaliums, von Kalcium und Magnesium.

In unseren gewöhnlichen Bach-, Fluß- und Brunnenwässern läßt sich das Chlor, sofern sie nicht übermäßig viel organische Substanz enthalten und neutral oder nur ganz schwach alkalisch (von kohlensauren Alkalien) oder nur ganz schwach sauer (von freier Kohlensäure) reagieren, schnell und sicher nach dem Titrierverfahren von Fr. Mohr[15] bestimmen.

Wenn nämlich salpetersaures Silber mit neutralem chromsaurem Kali zusammenkommt, so entsteht chromsaures Silberoxyd, ein in Wasser fast unlösliches Salz von lebhaft roter, dem Blute ähnlicher Farbe. Wird aber das chromsaure Silberoxyd mit einer Auflösung eines Chlormetalles übergossen, so setzt es sich sogleich in Chlorsilber und ein lösliches chromsaures Salz um. Das chromsaure Silberoxyd ist in freien Säuren löslich, kann also in sauren Lösungen gar nicht entstehen, und es ist dies der Grund, warum die Silberlösung sowohl wie auch das zu prüfende Wasser, selbstverständlich auch das chromsaure Kali neutral sein müssen. Weniger würde eine schwache Alkalität schaden, da das chromsaure Silber neben dem in diesem Falle sich bildenden kohlensauren Silber noch sehr gut wahrgenommen werden kann.



Im Falle also ein Wasser sauer reagieren würde, müßte man zunächst mit Alkali neutraliseren; andererseits würde man deutlich alkalisch reagierendes Wasser mit Salpetersäure oder Essigsäure zu neutralisieren haben. Da aber unsere Trinkwässer in der Regel nur sehr schwach alkalisch reagieren, so daß die Alkalität nur mit empfindlichstem rotem Lakmuspapier, mit Curcumapapier aber gar nicht mehr nachgewiesen werden kann, wird man das Titrieren mit salpetersaurem Silber in der Regel sofort beginnen können.

Setzt man also zu einer Lösung eines Chlormetalles, d. h. zu einem Wasser, welches Chloride enthält, einige Tropfen von neutralem chromsaurem Kali, so entsteht bei Zusatz der neutralen Silberlösung

nicht früher chromsaures Silberoxyd, als bis die letzte Spur des Chlors durch das Silber gefällt ist. Das gebildete chromsaure Silberoxyd, von blutroter Farbe, erscheint in einer schwach gelblichen Flüssigkeit sehr deutlich und verschwindet, solange Chlormetall vorhanden ist, beim Umschütteln augenblicklich. Wenn die Operation vollendet ist, d. h. wenn alles Chlor als Chlorsilber gefällt ist und eben die Fällung von chromsaurem Silber einzutreten beginnt, hat die Flüssigkeit und der Niederschlag eine deutlich rötliche Färbung.

Man hat für diese Methode folgende Probeflüssigkeiten nötig:

1) Eine Auflösung von neutralem Silbernitrat, von welcher 1 ccm genau 1 mg Chlor bindet. Zu diesem Behufe löst man 4,794 mg reines, geschmolzenes salpetersaures Silberoxyd mit destilliertem Wasser zu genau einem Liter. Diese Lösung ist im Dunkeln aufzubewahren.

2) Eine kalt gesättigte Lösung von reinem, speziell absolut chlorfreiem einfach chromsaurem Kali.

3) Eine Lösung von Chlornatrium, von welcher ebenfalls 1 ccm genau 1 mg Chlor enthält, also genau 1 ccm der obigen Silberlösung entspricht: man löst zu diesem Behufe 1,6486 g chemisch reines Chlornatrium mit destilliertem Wasser zu 1 Liter. Das Chlornatrium wird in einer Schale vorher getrocknet, sodann zerrieben, bis zu 300° C. erhitzt und dann in ein heißes Gläschen eingefüllt, welches mit einer Chlorkalciumröhre zu verschließen ist. So vorbereitet, kann es zur Bereitung der Probeflüssigkeit verwendet werden.

Um den Gehalt der Silberlösung zu kontrollieren, hat man 10 ccm der Chlornatriumlösung mit destilliertem Wasser auf etwa das Zehnfache zu verdünnen und diese verdünnte Lösung in einem Becherglase mit 2 Tropfen Kaliumchromatlösung zu versetzen. Man stellt nun den Becher auf eine weiße Unterlage von Papier und läßt aus einer in Zehntelkubikcentimeter geteilten Bürette so lange von der Silberlösung zufließen, bis beim Umrühren mit einem Glasstab eben eine schwach gelbrote Farbe der Flüssigkeit erhalten bleibt.

Hat man richtig gearbeitet, so waren bis zum Eintritt dieses Farbentones eben 10 ccm der Silberlösung erforderlich. Von Zeit zu Zeit hat man den Titer dieser Lösung zu kontrollieren; ist dieselbe nur um einige Zehntel stärker oder schwächer, als eben angegeben, so hat man diese Differenz bei Berechnung der in einem Wasser ermittelten Chlormengen in Rechnung zu ziehen.

Nachdem so der Titer der Silberlösung eingestellt ist, d. h. nachdem so festgestellt ist, wieviele ccm derselben genau 1 mg Chlor entsprechen, wird die Chlorbestimmung im Wasser in der gleichen Weise, wie soeben in der Chlornatriumlösung ausgeführt, nur hat man genau 100 ccm des zu prüfenden Wassers anzuwenden; bei besonders stark chlorhaltigen Wässern genügen hierfür auch 50 ccm. Der Chlorgehalt pro 1 l Wasser ist dann $= \frac{n \times 10}{T}$, wenn man 100 und $\frac{n \times 20}{T}$, wenn man 50 ccm angewendet hat, worin $n$ die verbrauchten ccm der Silberlösung und $T$ den Titer der Silberlösung bezeichnet.

Bei Wässern, welche viel organische Substanzen enthalten, kann eine direkte Titrierung zu groben Täuschungen veranlassen. Hier

treten solche Mißfärbungen ein, daß der Endpunkt der Reaktion niemals zu erkennen ist. Man wird in solchen Fällen gut thun, die organischen Substanzen in der folgenden Weise vor der Titrierung zu zerstören.

Man erwärmt 100 ccm Wasser auf ca. 100° und läßt aus einer Bürette so lange Kaliumpermanganatlösung (deren Herstellung siehe unter 8, Bestimmung der organischen Substanzen) zutropfen, bis das Wasser schwach rot gefärbt erscheint; man erhält nun im ruhigen Wallen ca. 5 Minuten, während welcher keine Entfärbung der Flüssigkeit eintreten darf, widrigenfalls man noch einige Tropfen der Kaliumpermanganatlösung zuzusetzen hätte. Nach ca. 5 Minuten entfernt man den Ueberschuß von Kaliumpermanganat mit einigen Tropfen Alkohol, filtriert die abgeschiedenen Manganoxydverbindungen ab und titriert das Filtrat, das neutral sein muß, in der oben angegebenen Weise.

8. Von Wichtigkeit für die hygienische Beurteilung eines Wassers ist ferner die **Bestimmung der organischen Substanzen.**

Die im Wasser vorkommenden organischen Substanzen können verschiedenen Ursprungs sein. Sie können aus den im Boden unter dem Einfluß von Feuchtigkeit und Luft sich vollziehenden Zersetzungen von Pflanzenüberresten stammen, die meist nur geringe Mengen von Stickstoff enthalten, sie können aber auch als stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte animalischer Abfälle und der Stoffwechselprodukte des tierischen Organimus vorkommen.

Die organischen Stoffe der ersteren Art pflegen wir als Humussubstanzen zu bezeichnen, über deren Zusammensetzung wir noch sehr im Unklaren sind. Hermann[16] unterscheidet eine ganze Reihe verschiedener Humuskörper; von den in Wasser löslichen wären hier zu nennen: Humusextrakt, Humusquellsäure, Humusoxykrensäure, Torfquellsäure und Torfoxykrensäure. Während Hermann annahm, daß dieselben Stickstoff aus der Luft aufnehmen, kam Pagel[17] zur entgegengesetzten Ansicht. Nach Versuchen von Senft[18] entstehen aus Pflanzensubstanzen, die sich bei ungehindertem Luftzutritt zersetzen, zunächst ulminsaure, dann die höher oxydierten huminsauren Salze; bei gehemmtem Luftzutritt auf dem Grund von Mooren geïnsaure Salze, quell- und torfsaures Ammoniak.

Diese als Produkte einer eigenartigen Verwesung von Kohlehydraten anzusehenden Substanzen sind verhältnismäßig schwierig völlig zu oxydieren; sie repräsentieren die Hauptmenge der in den reineren natürlichen Wässern vorhandenen organischen Substanzen.

Anders ist es mit den organischen Körpern der zweiten Art, welche durch die Zersetzungsprodukte von Faeces, Urin, Küchenabfällen u. s. f. sowie durch die Produkte von Fermentationsprozessen der Eiweißsubstanzen, Fette und Kohlehydrate charakterisiert sind. Ihre Zahl ist eine ungemein große. Deren Gegenwart im Wasser hat immer als ein Anzeichen einer Infiltration mit Fäulnisprodukten des animalen Stoffwechsels zu gelten.

Wir wissen, daß Kohlensäure, Wasserstoff, Sumpfgas (Methan), Ammoniak und Schwefelwasserstoff gewöhnliche Produkte der Fäulnis organischer Materie sind, und daß salpetrige Säure, sowie Salpetersäure aus stickstoffhaltigen organischen Stoffen entstehen, wenn dieselben in Gegenwart von Alkali- oder Erdalkalimetallkarbonaten faulen.

Ferner wissen wir, daß der Harnstoff des Urins bei der Fäulnis in kohlensaures Ammoniak übergeht.

An sicheren Trennungsmethoden für die organischen Substanzen der beschriebenen Art fehlt es uns bis heute. Wir sind nur imstande, einen Maßstab an die Oxydierbarkeit der organischen Substanzen überhaupt anzulegen. Dies geschieht mit Kaliumpermanganat (Chamäleon), und am zweckmäßigsten nach der Methode von W. Kubel[19] in schwefelsaurer Lösung.

Hierfür hat man folgende Probeflüssigkeiten nötig:

1) Destilliertes Wasser, welches auf Kaliumpermanganat nicht oder kaum irgend reduzierend wirkt. Man erhält es, indem man das zu destillierende Wasser mit etwas krystallisiertem Kaliumpermaganat und reinstem Natronhydrat (siehe oben S. 516) versetzt. Das zuerst übergehende Viertel des destillierenden Wassers wird verworfen, das übrige ist brauchbar zur Bereitung der titrierten Lösungen. Keinenfalls dürfen die Verbindungsstellen des Destillierapparates mit organischen Kitten dampfdicht gemacht werden. Das destillierte Wasser genügt zur Herstellung der titrierten Lösungen, wenn 100 ccm nicht mehr als höchstens 0,4 ccm der unter 4) beschriebenen Kaliumpermanganatlösung entfärben.

2) Verdünnte Schwefelsäure. Man vermischt 3 Volum reines destilliertes Wasser mit 1 Volum reiner konz. Schwefelsäure.

3) Oxalsäurelösung ($^1/_{100}$ normale). Man löst genau 0,63 g reinste, durch rasches Abkühlen einer heißen konzentrierten Lösung in dünnen Nadeln krystallisierte, bei gewöhnlicher Temperatur auf Filtrierpapier getrocknete Oxalsäure in reinstem destilliertem Wasser (siehe 1) zu 1 Liter. 10 ccm dieser Lösung reduzieren 3,165 mg Kaliumpermanganat, welche genau 0,8 mg verwendbaren Sauerstoff enthalten.

4) Lösung von Kaliumpermanganat. Man löst 0,3165 g krystallisiertes, käufliches Kaliumpermanganat zu 1 Liter reinsten destillierten Wassers.

Die Lösungen 3 und 4 sind in Flaschen mit eingeschliffenem Glasstöpsel im Dunkeln aufzubewahren.

Man hat nun zunächst die Kaliumpermanganatlösung auf die Oxalsäure zu titrieren, d. h. den Titer der ersteren festzustellen. Die Grundlage dieses Verfahrens ist folgende: Tröpfelt man zu einer mit Schwefelsäure versetzten warmen Auflösung von Oxalsäure Chamäleonlösung, so oxydiert die frei werdende Uebermangansäure die Oxalsäure sofort zu Kohlensäure.

Die Vorschriften zur Titerstellung der Chamäleonlösung sind in den verschiedenen Lehrbüchern keineswegs einheitlich und diesem Umstand ist es in erster Linie zuzuschreiben, wenn nach der Kubelschen Methode für die Oxydierbarkeit eines Wassers von verschiedenen Analytikern häufig ganz abweichende Resultate erhalten werden.

Am besten hält man sich an die Vorschrift, wie sie ursprünglich Trommsdorff gegeben hat: 20 ccm der Oxalsäurelösung werden in einem kleinen weißen Porzellanschälchen mit 2 ccm der verdünnten Schwefelsäure (2) auf ca. 60° erwärmt, worauf man aus einer Gay-Lussac'schen Bürette (Fig. 9 bis 11) von der Kaliumpermanganatlösung so lange zufließen läßt, bis die Flüssigkeit beim Umrühren nicht mehr entfärbt wird, d. h. bis eben ein schwacher Schimmer ins Rötliche bleibend erzielt ist. Wurden weniger als 20 ccm verbraucht, so ist mit

Wasser solange zu verdünnen, bis gleiche Volumina der Lösungen sich zersetzen. 1000 ccm der so verdünnten Lösung des Kaliumpermanganats enthalten dann genau 0,3165 g desselben, und 10 ccm enthalten sodann genau 3,165 mg Kaliumpermanganat oder 0,8 mg für die Oxydation verfügbaren Sauerstoffs.

Es ist nicht gerade leicht, die Verdünnung der Chamäleonlösung so zu regulieren, daß absolut genau 20 ccm für 20 ccm der Oxalsäure verbraucht werden, doch kann man sich bei geringen, auf einige

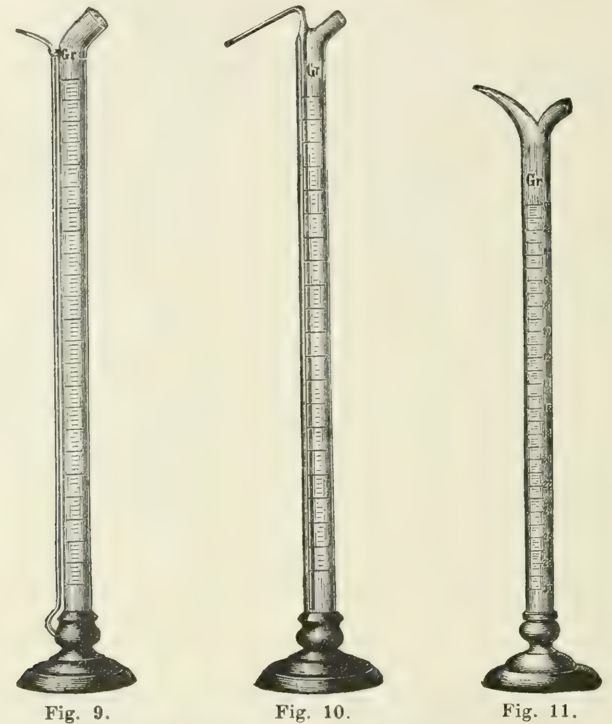


Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.

Verschiedene sog. Chamäleon-Büretten.

Zehntelkubikcentimeter sich beschränkenden Differenzen einfach helfen, indem man eben den gefundenen Titer in Rechnung zu ziehen hat.

Waren z. B. für 20 ccm der $^1/_{100}$ normalen Oxalsäure 19,4 ccm Chamäleonlösung erforderlich, ist dieselbe also zu konzentriert geraten, so notiert man sich auf der Chamäleonflasche diese Zahl, oder bequemer, da bei der später zu beschreibenden Ausführung der Versuche mit Trinkwasser nur 10 ccm Oxalsäure in Anwendung kommen, die Hälfte, nämlich 9,7 als Titer, welche Zahl ausdrückt, daß 9,7 ccm Chamäleon = 10 ccm $^1/_{100}$ normaler Oxalsäure = 0,8 mg Sauerstoff sind.

Bei der Bestimmung der organischen Substanzen im Wasser geht man nun nach Kubel in folgender Weise vor:

Von dem zu untersuchenden Wasser werden 100 ccm in einer 300—350 ccm fassenden weißen, reinen Porzellanschale mit 5 ccm

der unter 2) oben angeführten verdünnten Schwefelsäure und mit der unter 4) beschriebenen Chamäleonlösung in solcher Menge versetzt, daß die Flüssigkeit stark rot gefärbt erscheint und die Färbung auch bei dem nun folgenden Kochen nicht verschwindet. In der Regel genügen hierfür 3—4 ccm. Man erwärmt nun bis zum Sieden und erhält nun genau 5 Minuten *) — vom ersten Wallen an gerechnet — im Kochen, verkleinert dann die Flamme und läßt aus einer Pipette genau 10 ccm der Oxalsäurelösung zufließen; hierbei sinkt die Temperatur auf die schon bei der Titerstellung erwähnte Temperatur von ca. 60°. Auf Zusatz von Oxalsäure wurde die Flüssigkeit farblos; man titriert nun ohne Verzug mit der Chamäleonlösung bis zum Eintritt eines ganz schwachen rötlichen Schimmers, der aber anhalten muß.

Man achte nur immer darauf, daß die Flüssigkeit während der 5 Minuten langen Kochdauer deutlich rot bleibt. Bei stark verunreinigten Wässern wird man zur Erhaltung der Farbe allein schon 10 ccm Chamäleonlösung und mehr anwenden müssen. Dann ändern sich aber auch die Beziehungen zwischen Schwefelsäureüberschuß und Kaliumpermanganat so erheblich, daß Braunstein unlöslich ausfällt; um dies zu verhüten, müßte man also auch wieder mehr Schwefelsäure zusetzen. Es empfiehlt sich aber weit mehr, nach dem ersten Vorversuch, der in der beschriebenen Weise ausgeführt wurde, ein geringeres Volumen des Wassers, z. B. nur 50 ccm mit reinstem destillierten Wasser (unter 1 oben) auf 100 ccm zu verdünnen und in der beschriebenen Weise zu oxydieren und zu titrieren. Hierbei hätte bei der Berechnung der für 50 ccm destilliertes Wasser an sich schon erforderliche Chamäleonverbrauch in Abzug zu kommen. Man begnüge sich niemals mit dem ersten Versuch, sondern kontrolliere denselben mehrmals.

Die Berechnung der Oxydierbarkeit der organischen Substanzen kann auf zweierlei Art erfolgen. Entweder giebt man die Anzahl der Miligramme Kaliumpermanganat, oder die Anzahl der Milligramme Sauerstoff an, welche zur Oxydation derselben pro Liter erforderlich waren.

Man zieht von der Gesamtmenge der bei dem Versuche hinzugefügten ccm Chamäleonlösung die zur Oxydation von 10 ccm $^1/_{100}$ normaler Oxalsäurelösung erforderlichen ccm Chamäleonlösung, also deren Titer ab und multipliziert die Differenz in ccm mit $\frac{31,6}{T}$, wenn man die Milligramme Kaliumpermanganat, mit $\frac{8}{T}$, wenn man die Milligramme Sauerstoff erfahren will, welche zur Oxydation der in 1 l Wasser vorhandenen organischen Substanzen notwendig sind; $T$ bezeichnet hierbei den Titer der Chamäleonlösung.

Waren Verdünnungen notwendig gewesen, so wäre diese einfache Art der Berechnung nicht anwendbar; in solchen Fällen würde man den Sauerstoffverbrauch für 1 l Wasser durch $\frac{n \times 1000}{w} . 0,8 : T$ und den Verbrauch an Kaliumpermanganat durch $\frac{n \times 1000}{w} . 3,16 : T$

*) So lange, nicht 10 Minuten hat Kubel vorgeschrieben.

finden, worin $n$ = dem Verbrauch an Chamäleon nach Abzug des Titers für Oxalsäure und destilliertes Wasser, $w$ = der angewandten Menge des zu prüfenden Wassers ist.

War beispielsweise der Titer der Chamäleonlösung 9,7 und waren zum Versuch 50 ccm Wasser mit einem destillierten Wasser, wovon 50 ccm 0,2 ccm Chamäleon brauchten, auf 100 verdünnt worden, und hätte man im ganzen 14,5 ccm Chamäleon verbraucht, so wäre $n = 14{,}5 - (9{,}7 + 0{,}2) = 14{,}5 - 9{,}9 = 4{,}6$ und der Sauerstoffverbrauch betrüge $\frac{4{,}6 \times 1000}{50} \cdot 0{,}8 : 9{,}7 = (92 \times 0{,}8) : 9{,}7 = 73{,}6 : 9{,}7 = 7{,}6$ mg pro Liter.

Ein einheitliches Verhältnis zwischen der bei der Chamäleonprobe reduzierten Menge Kaliumpermanganat und der Menge der im Wasser vorhandenen organischen Substanzen besteht nun zwar keineswegs, und aus dem Ausfall dieser Probe darf man nur in bedingter Weise allgemeine Schlüsse auf die Menge der in einem Wasser vorhandenen organischen Stoffe ziehen.

Selbstverständlich ist, daß die ermittellten Mengen Kaliumpermanganat nur dann auf Rechnung der organischen Substanzen gesetzt werden dürfen, wenn andere Verbindungen, welche, wie Eisenoxydsalze, Nitrite und größere Mengen von Ammoniaksalzen, Chamäleon ebenfalls entfärben, in dem betreffenden Wasser nicht zugegen sind.

Die eben beschriebene Methode zeigt die Anwesenheit von organischen Substanzen in einem Wasser im Allgemeinen an. Schon im Jahre 1867 haben Wanklyn, Chapman und Smith[20] eine Methode gefunden, welche auch gestattete, einen Ausdruck speziell für die stickstoffhaltigen organischen Substanzen zu finden. Das Verfahren gründete sich auf die Abspaltung von Ammoniak aus denselben mittels einer alkalischen Kaliumpermanganatlösung. Nachdem dieses Verfahren in Deutschland lange Jahre hindurch nur wenig Beachtung gefunden hatte, erwarb es sich in den letzten Jahren mehr und mehr Anerkennung. Das Verfahren ist verhältnismäßig einfach und leicht auszuführen, es giebt gleichmäßige Resultate, wenn man streng die dabei vorgeschriebenen Bedingungen einhält.

Man hat früher eine Schwäche dieser Methode darin erblicken zu müssen geglaubt, daß der Stickstoff nur weniger organischer Verbindungen bei der Behandlung mit Kaliumpermanganat vollständig in Ammoniak übergeführt wird, daß mithin die Resultate dieser Methode keinen Rückschluß auf die absolute Menge der im Wasser vorkommenden stickstoffhaltigen organischen Stoffe gestatten.

Indes war dies von den Erfindern der Methode nie beabsichtigt gewesen, sie betrachteten vielmehr das **Albuminoïd-Ammoniak**, wie die Verfasser das abgespaltene Ammoniak nannten, nur als Index für die stickstoffhaltigen organischen Substanzen.

Als Probeflüssigkeiten und Reagentien sind hierfür erforderlich:

1) Destilliertes Wasser, absolut ammoniakfrei, bereitet wie oben beim qualitativen Nachweis.

2) Nessler'sches Reagens, dessen Bereitung in der qualitativen Analyse beschrieben ist.

3) Kaliumhydrat- und Kaliumpermanganatlösung, bereitet durch Auflösen von 200 g festen Kaliumhydrats und 8 g krystallisierten Kaliumpermanganats in 1 l Wasser. Die Lösung

wird einige Zeit gekocht, um sie von Ammoniak und stickstoffhaltigen organischen Stoffen zu befreien. Nachdem ungefähr ein Viertel der Flüssigkeit verdampft ist, gießt man destilliertes Wasser hinzu, bis die Flüssigkeitsmenge wieder 1 l beträgt.

4) Frisch geglühtes, festes Natriumkarbonat.

5) Verdünnte Chlorammonlösung, wovon 1 ccm = 1 mg Ammoniak ist, erhalten durch Auflösen von 3,15 g Chlorammonium in 1 l; durch Verdünnen von 1 Teil dieser Lösung auf 99 Teile Wasser hat man sich noch eine zweite bereit zu halten, wovon 1 ccm = $^1/_{100}$ mg Ammoniak ist.

Ferner hat man noch eine Serie von Cylindern aus farblosem Glase nötig, die genau denselben Querschnitt haben und an der Stelle von 50 ccm Inhalt mit einer Marke versehen sind.

Für die nun folgende Untersuchung ist das Reinigen und Spülen der Apparate von größter Wichtigkeit. Man darf daher nie unterlassen, alle Gläser unmittelbar vor dem Gebrauch mit ammoniakfreiem Wasser auszuspülen. Ammoniakfreies Brunnenwasser genügt für diese Zwecke vollkommen.

Man verbindet die Bestimmung des Albuminoïdammoniaks zweckmäßig mit der **Bestimmung des im Wasser vorhandenen fertig gebildeten Ammoniaks** durch Destillation.

Zunächst stellt man sich den Destillationsapparat her, indem man eine etwas über 1 l fassende tubulierte Retorte, deren Tubus mit eingeschliffenem Glasstöpsel verschließbar ist, in der Weise mit einem Kühler verbindet, daß der Retortenhals schräg nach aufwärts, der Kühler aber nach abwärts gerichtet bleibt. Man läßt nun 500 ccm des zu prüfenden Wassers durch den Tubus in die Retorte fließen. Sollte das Wasser sauere Beschaffenheit haben, so müßte demselben noch etwas Natriumkarbonat, No. 4 der Reagentien, zugesetzt werden, um das präformierte Ammoniak frei zu machen; bei Wassern, welche, wie dies in der Regel der Fall ist, kohlensaure alkalische Erden enthält, ist ein solcher Zusatz nicht nötig. Man destilliert nun so schnell als möglich, indem man die Retorte über einem passenden Baboschen Blech erhitzt. Das Destillat wird in vier Fraktionen von 50 zu 50 ccm in Cylindern aufgefangen. Sobald der vierte Cylinder vollgelaufen ist, unterbricht man für einige Augenblicke die Destillation. Die vier Cylinder erhalten die gesamte Menge präformierten Ammoniaks, welches in den zum Versuch angewandten 500 ccm Wasser vorhanden war; dasselbe kann dann mit Nessler's Reagens nach dem S. 532 beschriebenen kolorimetrischen Verfahren abgeschätzt werden.

Man läßt nun völlig erkalten und entfernt dann von der Retorte den Glasstöpsel, um 50 ccm der oben beschriebenen Kaliumhydrat- und Kaliumpermanganatlösung durch einen Trichter in die Flüssigkeit zuzugeben. Darauf schließt man wieder und setzt die Destillation fort, bis zunächst 50 ccm übergegangen sind, die in einem der oben beschriebenen Cylinder aufgefangen werden. Eine zweite Fraktion von 50 ccm wird in einem zweiten und eine dritte in einem dritten Cylinder aufgefangen. Man ermittelt nun mittels Nessler's Reagens durch Vergleiche mit Lösungen von bekanntem Ammoniakgehalt, die man sich durch geeignete Verdünnungen der unter No. 5 erwähnten Ammoniumchloridlösungen herzustellen hat, auf kolorimetrischem Wege den Ammoniakgehalt der Destillate.

9. Die Prüfung auf **Ammoniak** darf niemals bei einer Wasseranalyse unterlassen werden. Für deren quantitativen Nachweis kann das folgende kolorimetrische Verfahren angewendet werden.

Man hat sich zunächst durch Verdünnen der S. 531 unter 5 erwähnten Ammoniumchloridlösung, wovon 1 ccm = 0,01 mg Ammoniak ist, eine Vergleichsskala herzustellen. Man verdünne also z. B. $^1/_2$ ccm, ferner 1, 2, 4, 6, 8 bis 10 ccm dieser Ammoniumchloridlösung in Cylindern von farblosem Glase und demselben Durchmesser auf 50 ccm, d. h. bis zur Marke mit ammoniakfreiem destilliertem Wasser. Man hätte so Lösungen, welche in je 50 ccm 0,005 bis 0,1 mg Ammoniak enthalten. Jeder dieser Cylinder wird sodann mit $^1/_2$ ccm Neßlerschem Reagens beschickt. Da nach Neßler[21]) Temperaturdifferenzen die Vergleichsresultate beeinträchtigen können, achte man darauf, daß die Flüssigkeit, welche zum Vergleich dient, genau die Temperatur hat, wie die Flüssigkeit, in welcher das Ammoniak bestimmt werden soll.

In gleicher Weise werden 50 ccm des zu prüfenden Wassers, vielmehr der nach Wanklyn's Methode erhaltenen Destillate (S. 531) mit je $^1/_2$ ccm Neßler'schem Reagens versetzt, und nun wird beobachtet, wo der Farbenton dieser Destillate mit der Vergleichsskala zusammentrifft.

Wäre beispielsweise gleicher Farbenton mit dem Cylinder mit 6 ccm Ammoniumchloridlösung zu beobachten, so würde das betreffende Destillat 0,06 mg Ammoniak enthalten. Fällt die Nuance zwischen die zweier Vergleichsproben, so entspricht sie einem Ammoniakgehalt, welcher zwischen dem dieser beiden Vergleichsproben gelegen ist und kann eventuell noch genauer durch einen zweiten Versuch bestimmt werden.

Will man nach Wanklyn den Gesamtgehalt der Destillate an präformiertem und an Albuminoïdammoniak ermitteln, so hätte man sämtliche Fraktionen von je 50 ccm zu „neßlerisieren" und die gefundenen Werte zu addieren.

Da $^1/_2$ l Wasser zum Wanklyn'schen Verfahren angewendet wurde, so müssen die Ergebnisse mit 2 multipliziert werden, will man die für einen Liter Wasser treffenden Zahlen erhalten.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Beispiel: Freies Ammoniak | 1. Fraktion | 0,03 | |
| | 2. „ | 0,02 | |
| | 3. „ | 0,01 | |
| | 4. „ | 0,00 | |
| | | 0,06 | |
| Albuminoïdammoniak | 1. Fraktion | 0,035 | |
| | 2. „ | 0,015 | |
| | 3. „ | 0,000 | |
| | 4. „ | — | |
| | | 0,050 | |
| Daher pro l: Freies Ammoniak | | 0,120 | mg |
| Albuminoïdammoniak | | 0,100 | „ |

Wie schon Eingangs der Besprechung der Wanklyn'schen Methode betont wurde, gelingt es keineswegs, die Gesamtmenge des in den betreffenden organischen Verbindungen vorhandenen Stickstoffs in der Form von Ammoniak abzuspalten; doch geschieht dies nach den Untersuchungen von C. Preusse und Ferd. Tiemann[22] bei einigen Körpern, wie Leucin, Asparaginsäure, Tyrosin, welche

sich durch Zersetzungsprodukte eiweißartiger Körper bilden, ziemlich vollständig. Eine möglichst vollständige Abspaltung des Stickstoffs in der Form von Ammoniak ist natürlich nur insofern von Interesse, als dadurch ein deutlicherer Nachweis der stickstoffhaltigen organischen Bestandteile des Wassers ermöglicht wird.

Die bei vergleichenden Untersuchungen verschiedener Wässer nach diesem Verfahren abgespaltenen Ammoniakmengen werden sich nur dann den Mengen an stickstoffhaltigen organischen Substanzen proportional verhalten können, wenn in den verschiedenen Wässern gleichartige organische Substanzen vorhanden sind, die den Stickstoff gleichmäßig leicht in Ammoniak abspalten lassen.

Immerhin ist aber in dieser Methode ein wertvoller Index für den Gehalt an stickstoffhaltigen organischen Substanzen überhaupt gegeben.

Außer auf kolorimetrischem Wege mittels des Reagens von Neßler ließe sich das Ammoniak im Destillate auch gewichtsanalytisch als Ammoniumplatinchlorid oder bequemer volumetrisch durch Titrieren mit $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}$ normaler Säure bestimmen, doch könnten diese Wege nur dann beschritten werden, wenn ein Wasser größere Mengen von Ammoniak enthält.

10. **Salpetrige Säure.** Bei der Prüfung auf salpetrige Säure, die niemals zu unterlassen ist, wird man sich in der Regel mit dem bloß qualitativen Nachweis begnügen können. Wir besitzen zwar einige Methoden, welche eine schätzungsweise Ermittelung der salpetrigen Säure gestatten, dagegen keine, welche deren quantitativ genaue Bestimmung ermöglichte.

Trommsdorff hat die durch salpetrige Säure bewirkte Bläuung von Jodzinkstärkelösung und C. Preusse und Ferd. Tiemann haben die Griess'sche Reaktion mit Metaphenylendiamin zu einem kolorimetrischen Verfahren ausgearbeitet. W. Kubel hat ein Verfahren angewendet, das auf der Oxydation der salpetrigen Säure zu Salpetersäure durch Kaliumpermanganatlösung beruht. Die nähere Beschreibung dieser Verfahren kann hier füglich wegbleiben. Wer sich dafür interessiert, findet eine solche im Werke von Tiemann-Gärtner[10].

11. Von größter Wichtigkeit ist ferner der Nachweis und die Bestimmung der **Salpetersäure.** Zu deren Bestimmung besitzen wir eine Reihe von Methoden. Besonders hervorzuheben habe ich hier zwei derselben, deren eine wegen ihrer raschen Ausführbarkeit und immerhin in der Mehrzahl der Fälle genügenden Genauigkeit, deren andere wegen ihrer Zuverlässigkeit in allen Fällen beliebt ist. Es sind dies die Methoden von Marx-Trommsdorff und von Fr. Schulze.

*α*) Methode von Marx[23]-Trommsdorff[24].

Erforderliche Probeflüssigkeiten:

1) Man löst 0,1872 g lufttrockenes, reines Kaliumnitrat (Salpeter) zu einem Liter; 10 ccm dieser Lösung enthalten dann 1 mg Salpetersäure ($N_2O_5$).

2) Verdünnte Indigolösung. Dieselbe stellt man sich nach H. Trommsdorff aus reinem Indigotin dar. Man trägt 1 Teil fein zerriebenes Indigotin unter stetem Umrühren langsam und in kleinen Portionen in 6 Teile rauchende Schwefelsäure ein. Um erhebliche Erwärmung zu vermeiden, empfiehlt es sich, das Mischgefäß in kaltem Wasser zu kühlen. Wenn alles Indigotin eingetragen, bedeckt man das Gefäß, läßt kurze Zeit absetzen, gießt die blaue Flüssigkeit in

die 40fache Menge destillierten Wassers, mischt und filtriert. 200 ccm dieser konzentrierten Indigolösung werden auf 6000 ccm verdünnt.

Man erhält so eine verdünnte Indigolösung, von der 8—10 ccm = 10 ccm der obigen Kaliumnitratlösung sein werden. Die Lösung ist im Dunkeln aufzubewahren.

3) Hat man noch reinste konzentrierte Schwefelsäure nötig.

Zur Titerstellung dieser Indigolösung entnimmt man 10 ccm der Kaliumnitratlösung in ein Erlenmeyer-Kölbchen und verdünnt sie mit 15 ccm destilliertem Wasser. Zu dieser Mischung setzt man unter Umschwenken des Kölbchens so rasch als möglich 25 ccm der Schwefelsäure (abgemessen in einem Reagiercylinder mit Marke, um rascher abmessen und ausgießen zu können). Hierbei tritt eine Temperaturerhöhung auf ca. 120° C ein. Man läßt nun sofort unter stetem Umschwenken des Kölbchens aus einer Glashahnbürette solange Indigolösung zufließen, bis der gelbe Farbenton in Grün übergeht. Gegen Ende des Versuches, wenn etwa 7 ccm der Indigolösung zugeflossen sind, hat man dieselbe langsamer, tropfenweise zufließen zu lassen, um den Uebergang von Gelb in Grün nicht zu übersehen. Beim Eintritt des grünen Farbentones wird, sofern derselbe beim Umschwenken der Flüssigkeit anhält, die Anzahl der verbrauchten Cubikcentimeter Indigolösung notiert. Dieser erste Versuch hat nur als Vorversuch zu gelten. Bei einem zweiten Versuche fügt man sofort in einem Strahl, ohne sich mit Umschwenken des Kölbchens aufzuhalten, die ganze Menge Indigolösung zu, welche beim ersten Versuche gebraucht wurde, dann schwenkt man solange um, bis die Flüssigkeit gelb geworden, und läßt nun tropfenweise noch solange Indigolösung unter Umschwenken zufließen, bis ein ganz schwach grünlicher Farbenton resultiert. Auf diese Weise gelingt es, so rasch zu arbeiten, daß die Temperatur des Gemisches während des Versuches nicht unter 100° sinkt. Dieser zweite Verbrauch an Indigolösung entspricht sodann 1 mg $N_2O_5$. Diesen Titer notiere man auf der Etikette der Indigolösung mit dem Datum des Versuches. Es ist unumgänglich notwendig, denselben von Zeit zu Zeit wieder zu kontrollieren.

Ich habe in dieser Darstellung insofern einige Abweichungen von der Vorschrift Trommsdorff's gegeben, als ich einmal die Indigolösung verdünnter nehme als Trommsdorff, da dieser die Konzentration so hält, daß etwa 6—8 ccm = 1 mg $N_2O_5$ sind, sodann aber lasse ich auf 25 ccm der Salpeterlösung das gleiche Volumen konzentrierter Schwefelsäure, nicht wie dieser, das Doppelte zugeben. Ich habe dieses Verfahren, das ein erhebliches Sparen an Säure gestattet, seit nunmehr 14 Jahren an dem meiner Leitung unterstellten Laboratorium mit durchaus günstigem Erfolge durchgeführt. Trommsdorff fordert, daß die Temperatur des Gemisches während des Zufließens der Indigolösung stets über 100° erhalten bleibe, dies läßt sich auch mit dem geringeren Säurezusatz erreichen, wenn man nur möglichst rasch arbeitet. Wenn Tiemann[25] an dem neueren Verfahren Mayerhofer's[26], der nur 5 ccm Nitratlösung und 5 ccm Schwefelsäure anwendet, beobachtet hat, daß die Temperatur hierbei zu tief sinkt, so kann doch bei Anwendung der fünffachen Mengen Flüssigkeit die Temperatur auf der von Trommsdorff geforderten Höhe erhalten bleiben, sofern man rasch arbeitet. Bei dem ersten Versuche, der jeden-

falls nur als Vorversuch gelten darf, gelingt dieses allerdings, auch bei den Trommsdorff'schen Mischungsverhältnissen, nicht.

Nachdem so die Titerstellung geschehen, dürfte es sich empfehlen, sich auch andere Verhältnisse zu mischen, also z. B. 5 ccm der Salpeterlösung mit 20 ccm destilliertem Wasser, 17 ccm mit 8 ccm Wasser u. s. w. in möglichst vielen Abänderungen, um sich auf die so sehr verschiedenen, den Endpunkt der Reaktion bezeichnenden Farbentöne einzuüben. Trommsdorf hält dies für eine wesentliche Bedingung. Die wesentlichste ist Schnelligkeit im Arbeiten, daher rührt es, wenn abweichende Resultate erhalten werden, weil bei langsamem Arbeiten die Temperatur zu tief sinkt.

Da man nun aber bei einem Wasser, dessen Gehalt an Salpetersäure unbekannt ist, nicht so rasch wie bei der Titerstellung vorgehen kann, so muß der Versuch unter allen Umständen zwei- und dreimal wiederholt werden.

Man benütze zum ersten Versuche jedesmal 25 ccm Wasser, setze 25 ccm Säure zu und lasse die Indigolösung unter stetem Umschwenken des Kölbchens in rasch aufeinanderfallenden Tropfen zufließen, bis der grünliche Farbenton erreicht ist. Beim zweiten Versuche läßt man dann sofort nahezu die Gesamtmenge der ersten zufließen und verfährt wie oben. Bei einiger Uebung wird der dritte Versuch mit dem zweiten übereinstimmen.

Da man nach Trommsdorff mehr als 2 bis höchstens 2,5 mg Salpetersäure in 25 ccm Wasser nicht mit Schärfe zu bestimmen erwarten darf, muß man, wenn der erste Versuch einen höheren Gehalt ergeben hatte, d. h. wenn man hierbei zwischen 20—25 ccm Indigosolution verbraucht hatte, nur 20, 15, 10, 5 ccm Wasser mit destilliertem Wasser bis zu 25 ccm verdünnen.

Bei sehr bedeutendem Gehalt ist vorzuziehen, z. B. 20 oder 25 ccm des zu prüfenden Wassers in einem ca. 100 ccm Fläschchen bis zur Marke zu verdünnen, und dann zu jedem der drei Versuche 25 ccm herauszupipettieren; man ist dann sicher, zu jedem Versuche genau dieselbe Menge Wasser anzuwenden.

Für Jeden, der sich auf diese Methode wirklich eingeschult hat, giebt sie zufriedenstellende Resultate. Aber eine Grenze der Zuverlässigkeit ist dann erreicht, wenn ein Wasser viel organische Substanzen enthält, welche eine Farbenveränderung, ein eigentümliches Fahlwerden bewirken. In diesem Falle hätte man nach Trommsdorff[27] die organischen Substanzen vorher durch Oxydation mit Kaliumpermanganat zu entfernen Man verfährt zunächst nach „Bestimmung der organischen Substanzen“ (S. 526) und zwar nur soweit, bis auf Zusatz der Oxalsäure mit Kaliumpermanganat wieder schwache Rötung erhalten wird, nimmt dieselbe mit einem Tropfen Oxalsäure wieder weg und verdünnt sodann die erkaltete Flüssigkeit mit reinem destillierten Wasser auf 150 ccm, hiervon verwendet man je 25 ccm zur Titierung mit Indigo.

Dasselbe Verfahren hätte man einzuhalten bei Gegenwart erheblicherer Mengen von Nitriten, da auch die salpetrige Säure auf Indigosolution einwirkt.

Die Berechnung des Indigoverbrauches zur Ermittelung des Salpetersäuregehaltes geschieht bei normalen Verhältnissen, wenn also 25 ccm Wasser + 25 ccm Schwefelsäure in Anwendung gebracht wer-

den konnten, in folgender Weise: $x = \frac{n \times 40}{T}$, worin $x$ angiebt, wieviel mg Salpetersäure ($N_2O_5$) in 1 l des untersuchten Wassers enthalten sind, $n$ die Zahl der verbrauchten Cubikcentimeter Indigolösung, und $T$ den jeweiligen Titer der Indigolösung, d. i. die Anzahl der Cubikcentimeter, welche 1 mg $N_2O_5$ entsprechen.

Bei stark nitrathaltigen Wassern, wo erst Verdünnungen vorzunehmen waren, hat man immer die wirklich zur Aktion gelangte Wasserquantität in die Berechnung zu ziehen. Hier würde man obige Formel abzuändern haben in $x = \left(\frac{n \times 1000}{w}\right) : T$, worin der neue Wert $w =$ der angewandten Menge des zu prüfenden Wassers ist.

Gegen die geschilderte Methode ist der Einwand erhoben worden, daß sich bei dem Versetzen von Nitratlösung mit einem großen Ueberschuß von konzentrierter Schwefelsäure Spuren von Salpetersäure verflüchtigen können, bevor sie auf die Indigolösung gewirkt haben; doch haben sowohl Fischer[28] wie Tiemann[29] bei den in dieser Richtung gemachten Versuchen nicht den geringsten Verlust von Salpetersäure nachweisen können.

Die Anwendung dieser Methode empfiehlt sich in allen jenen Fällen, wo eine annähernde Schätzung der in einem Wasser vorhandenen Salpetersäure für die hygienische Beurteilung ausreicht, und stets wird sie mit Vorteil da als Vorprüfung angewandt, wo die allen Anforderungen genügende Methode von Fr. Schulze in Anwendung zu kommen hat, also bei allen Wasseruntersuchungen, die mit Wasserversorgungsprojekten zusammenhängen, um die für diese Methoden erforderlichen Mengen des zu prüfenden Wassers feststellen zu können.

$\beta$) Methode von Fr. Schulze[30], Modifikation Tiemann[31]. Das Verfahren Th. Schlösing's[32], durch Erhitzen mit Eisenchlorür und Salzsäure die Salpetersäure zu Stickoxyd (NO) zu reduzieren, hat Fr. Schulze dahin abgeändert, daß er nicht wie jener das Stickoxyd wieder in Salpetersäure zurückführt und mit verdünnter Natronlauge titriert, sondern das gebildete Stickoxyd direkt über Quecksilber auffängt und mißt. Nachdem später E. Reichardt[33] nachgewiesen hatte, daß nur verschwindend kleine Mengen von Stickoxyd durch Natronlauge zurückgehalten werden, verwendete Tiemann an Stelle des Quecksilbers 10-proz. Natronlauge als Sperrflüssigkeit.

Für die Analyse hat man 100—300 ccm des zu prüfenden Wassers in einer Schale bis zu etwa 50 ccm, also ja nicht zur Trockne, einzudampfen und diese zusammen mit den etwa durch Kochen abgeschiedenen Erdalkalikarbonaten in ein etwa 150 ccm fassendes Kölbchen $A$ (Fig. 12) zu bringen. Wenn Teile des Niederschlages fest an den Wandungen des Abdampfungsgefäßes haften, so werden sie einigemale mit wenig destilliertem Wasser gewaschen; es ist jedoch durchaus nicht nötig, sie vollständig in die Zersetzungskölbchen zu bringen.

Der Zersetzungskolben $A$ ist mit einem doppelt durchbohrten Kautschuckstopfen verschlossen, in dessen Durchbohrungen sich zwei gebogene Röhren $abc$ und $efg$ befinden. Die erste ist bei $a$ zu einer nicht zu feinen Spitze ausgezogen und ragt etwa 2 cm unter dem Stopfen hervor; die zweite Röhre schneidet genau mit der unteren Fläche des Stopfens ab. Die beiden Röhren sind bei $c$ und $g$ durch enge Kautschuckschläuche mit Glasröhren verbunden und an diesen

Stellen durch Quetschhähne verschließbar. Ueber das untere gekrümmte Ende der Röhre *g*, welches später in die Meßröhre geschoben wird, ist ein Kautschuckschlauch gezogen, um sie vor dem Zerbrechen zu bewahren. *B* ist eine mit 10-proz. Natronlauge gefüllte Glaswanne, *C* eine in $^1/_{10}$ ccm

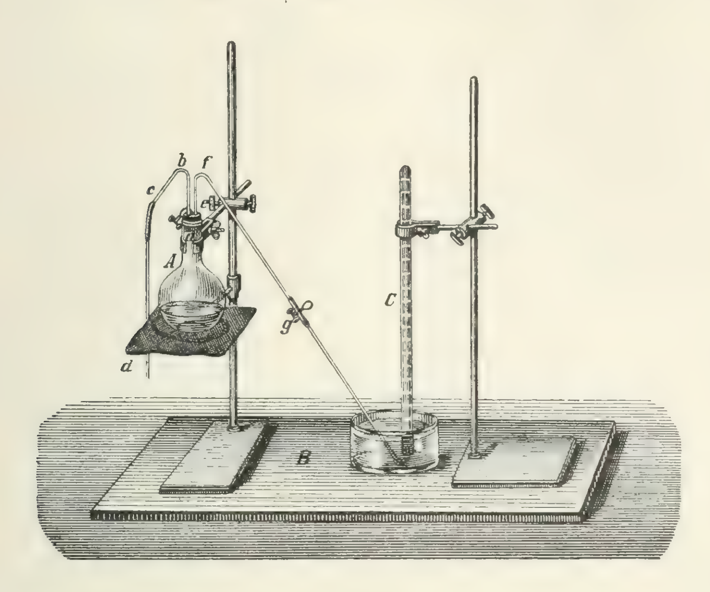



Fig. 12.

geteilte, möglichst enge, mit ausgekochter 10-proz. Natronlauge gefüllte Meßröhre.

Man kocht nun zunächst bei offenen Röhren das zu prüfende Wasser in dem Kochfläschchen noch weiter ein und bringt gegen Ende der Operation das untere Ende des Entwickelungsrohres *efg* in die Wanne mit Natronlauge, sodaß die Wasserdämpfe teilweise durch dieselbe entweichen. Nach einigen Minuten drückt man den Kautschuckschlauch bei *g* mit den Fingern zusammen; wenn durch Kochen die Luft aus dem Apparat bereits vollständig entfernt worden war, so steigt die Natronlauge schnell wie in ein Vakuum zurück und man fühlt einen sehr gelinden Schlag an den Fingern. In diesem Falle schließt man bei *g* den Quetschhahn.

Man hat unterdessen 20 ccm nahezu gesättigter Eisenchlorürlösung und 10 ccm konzentrierte Salzsäure in ein kleines Becherglas zusammengebracht. In diese Mischung taucht man nun die Röhre *cd* und läßt die Wasserdämpfe aus dem Zersetzungskölbchen durch dieselbe entweichen. Hierdurch erwärmt sich die Eisenchlorürlösung rasch so weit, daß sie ins Kochen gerät, sodaß also etwa vorhandene Luft ausgetrieben wird. Man kann mit dem Einkochen des zu prüfenden Wassers im Zersetzungskölbchen so weit gehen, daß etwa nur mehr 10 ccm vorhanden sind, dann entfernt man die Flamme und schließt sofort den Quetschhahn bei *c*, ohne die Röhre *cd* aus der Eisenchlorürlösung herauszuheben; dieselbe wird sich dann sofort mit der letzteren von selbst vollfüllen.

Man schiebt nun die Meßröhre *C* über das untere Ende des Entwickelungsrohres *efg*, sodaß dieses 2—3 cm in jene hineinragt. Man wartet einige Minuten, bis sich im Innern des Kolbens *A* ein Vakuum durch Zusammenziehen der Schläuche bei *c* und *g* zu erkennen giebt. Sodann öffnet man vorsichtig *c* so weit, daß die Eisenchlorürlösung aus dem Bechergläschen langsam nach *A* einfließen kann. Sobald etwa 20 bis 30 ccm dahin übergegangen sind, schließt man *c* wieder ab. Hierbei trage man Sorge, daß ja keine Luft durch *cd* nachströmen kann. Ueberhaupt wäre der ganze Apparat gegen jedes Eindringen von Luft vollständig dicht abzuschließen.

Uebersieht man, die Eisenchlorürlösung langsam nach *A* einströmen zu lassen, so kann einmal Luft mitgerissen werden, sodann aber kann bei Wässern, die viel Karbonate enthalten, durch die plötzliche Entbindung aller Kohlensäure im Kölbchen *A* ein so starker Druck entstehen, daß der Inhalt durch *abcd* ins Bechergläschen geschleudert wird.

Man erwärmt nun mit dem Gasbrenner wieder, anfangs sehr gelinde, bis die Kautschuckschläuche bei *c* und *g* sich etwas aufblähen. Nun ersetzt man den Quetschhahn bei *g* durch die Finger und läßt, sobald der Druck stärker wird, das entwickelte Stickoxyd nach *C* übersteigen. Gegen Ende der Operation verstärkt man die Flamme und destilliert, bis sich das Gasvolumen in *C* nicht mehr vermehrt. Das zuletzt reichlich entwickelte Salzsäuregas wird mit Heftigkeit von der Natronlauge absorbiert und es entsteht ein eigentümlich knatterndes Geräusch.

Nach dem vollständigen Uebertreiben des Stickoxyds entfernt man die Röhre *g* aus der Meßröhre *C*, löscht die Flamme ab, reinigt den Zersetzungsapparat durch Ausspülen mit salpetersäurefreiem Wasser und kann ihn daraufhin ohne weiteres zu einem neuen Versuche benützen.

Die Röhre *C* wird in einen großen Glascylinder gebracht, welcher so weit mit weichem, am besten mit destilliertem Wasser von 15—18° C gefüllt ist, daß sie darin völlig untergetaucht werden kann. Das Ueberführen geschieht mit Hilfe eines kleinen, mit Natronlauge gefüllten Porzellanschälchens.

Nach 20 Minuten prüft man die Temperatur des in dem Cylinder befindlichen Wassers mittels eines empfindlichen Thermometers (Celsius) und notiert den Barometerstand, den man aber unter Berücksichtigung der Temperatur am Barometer auf 0° zu reduzieren hat. Zur Reduktion des Barometerstandes bringe man bei einer Temperatur von 10 bis 12° C 1 mm, 13—19° C 2 mm, 20—25° C 3 mm in Abzug. Darauf ergreift man die Meßröhre *C* am oberen Ende mit einem Papierstreifen, um jede Erwärmung derselben durch direkte Berührung mit der Hand zu vermeiden, zieht sie senkrecht so weit aus dem Wasser, daß die Flüssigkeit innerhalb und außerhalb der Meßröhre genau dasselbe Niveau hat und liest das Volumen des Gases ab. Dasselbe wird nach folgender Formel auf 0° C und 760 mm Barometerstand reduziert:

$$V^1 = \frac{V.(B-f).273}{760.(273+t)},$$

wobei $V^1$ das Volumen bei 0° C und 760 mm Barometerstand, $V$ das abgelesene Volumen, $B$ den auf 0° reduzierten Barometerstand in mm, $t$ die Temperatur des Wassers in Graden der Centesimalskala und $f$ die

von der letzten abhängige Tension des Wasserdampfes in mm bezeichnet.

Tabelle der Tension des Wasserdampfes:

| Temperatur = $t$ | Tension = $f$ | Temperatur = $t$ | Tension = $f$ |
|---|---|---|---|
| 10° C | 9.2 mm | 17° C | 14.4 mm |
| 11° „ | 9.8 „ | 18° „ | 15.3 „ |
| 12° „ | 10.5 „ | 19° „ | 16.3 „ |
| 13° „ | 11.2 „ | 20° „ | 17.4 „ |
| 14° „ | 11.9 „ | 21° „ | 18.5 „ |
| 15° „ | 12.7 „ | 22° „ | 19.7 „ |
| 16° „ | 13.5 „ | 23° „ | 20.9 „ |

Multipliziert man die durch $V^1$ ausgedrückten Cubikcentimeter Stickoxyd mit 2,413, so erhält man die denselben entsprechenden Milligramm Salpetersäure ($N_2O_5$); dieselben, $\times$ 1000, dividiert durch die Menge des zur Prüfung verwendeten Wassers, ergeben Milligramm $N_2O_5$ in einem Liter Wasser.

Die zur Zersetzung angewandten Quantitäten von Eisenchlorür und Salzsäure dürfen die angegebenen Mengenverhältnisse nicht bedeutend übersteigen, da wenig Stickoxyd aus einer großen Flüssigkeitsmenge durch Erhitzen nur schwierig vollständig auszutreiben ist.

Einige ergänzende Bemerkungen zur Methode dürften noch am Platze sein.

Man orientiere sich zunächst mit der Indigomethode über den ungefähren Gehalt des Wassers an Salpetersäure; dann enge man für die Schulze'sche Methode soviel des zu prüfenden Wassers ein, daß nicht mehr als 3 mg Salpetersäure im Entwickelungskölbchen vorhanden sein können. Bei Wasser von sehr geringem Salpetersäuregehalt empfiehlt es sich, eine größere Quantität durch Eindampfen vorher so weit zu konzentrieren, daß die zum Versuch dienende Quantität desselben etwa 3 mg Salpetersäure enthält.

Bei harten Wässern, die reich an Karbonaten sind, könnte es beim Konzentrieren größerer Mengen vorkommen, daß sich die 10-proz. Lauge als Sperrflüssigkeit zu schwach erweist, in solchen Fällen wird man besser 20-proz. Natronlauge verwenden.

Von verschiedenen Seiten, u. a. auch von L. Spiegel[34], ist vorgeschlagen worden, die Entbindung des Stickstoffs dadurch zu fördern, daß man im Verlaufe des Versuches von Zeit zu Zeit Kohlensäure in den Zersetzungskolben eintreten läßt. Nach Tiemann's Versuchen ist aber der hierdurch erzielte Vorteil ein minimaler, und von einer günstigen, das Uebertreiben der letzten Reste des Stickoxydes erleichternden Wirkung der Kohlensäure kann überhaupt erst gegen das Ende des Versuches, wenn die Eisenchlorürlösung anfängt, fest zu werden und die Entwickelung von Wasser- und Säuredämpfen nachläßt, die Rede sein. Auch hält es unendlich schwer, die Kohlensäure frei von jeder Spur von Luft zu bekommen. Auch würde die Anwendung von Kohlensäure bei Wässern, die an sich schon reich an solcher sind, sehr konzentrierte Natronlauge als Sperrflüssigkeit erforderlich machen, um die Kohlensäure wirklich zu absorbieren. — Durch einen kleinen Kunstgriff ist die vollständige Austreibung des Stickoxyds auch ohne Kohlensäure unter allen Umständen zu erreichen, indem man durch Unterbrechen der Operation gegen das Ende zu wieder ein partielles Vakuum im Zersetzungskolben herstellt: durch Verringerung des Druckes

im Innern desselben wird das etwa noch vorhandene Stickoxydgas frei und läßt sich dann durch erneutes Kochen leicht in die Meßröhre überführen.

Die Verwendung von Kohlensäure zum vollständigen Austreiben geringer Stickoxydmengen wurde übrigens seinerzeit schon von Schlösing[35] in Vorschlag gebracht.

Da auch die Zersetzungsflüssigkeiten, Eisenchlorür und Salzsäure wie auch die Sperrflüssigkeit (Natronlauge) Luft enthalten können, müssen dieselben erst durch Kochen hiervon befreit werden.

Schließlieh sei noch bemerkt, daß es sich empfiehlt, mit dem Ablesen des Stickoxydvolumens nicht unnötig lange zu warten, da das Stickoxyd in Natronlauge nicht absolut unlöslich ist.

12. **Eisen.** Schon bei Besprechung der qualitativen Analyse wurde darauf hingewiesen, daß man des öfteren in die Lage kommen kann, das im Wasser vorhandene Eisen quantitativ bestimmen zu müssen (S. 516). Abgesehen von mehreren Methoden, welche eine gewichtsanalytische Bestimmung gestatten, die aber für den vorliegenden Zweck zu umständlich sind, gelingt es auch, das Eisen durch Titrieren oder auch auf kolorimetrischem Weg zu ermitteln. Der zuletzt angedeutete Weg dürfte wegen seiner Einfachheit in den meisten Fällen, wo es sich um die Prüfung eines Trinkwassers handelt, vorzuziehen sein. M. A. Mendes de Leon[36] hat im Jahre 1887 eine Methode beschrieben, nach welcher der Eisengehalt der Milch mittels Rhodankaliums auf kolorimetrischem Wege bestimmt werden konnte. Im folgenden Jahre hat Ad. F. Jolles[37] Rhodanammonium für die kolorimetrische Ermittelung des Eisens in Mineral-, Brunnen-, Quell- und Flußwasser empfohlen. Nach diesem Verfahren vergleicht man die Farbennuance, welche der Zusatz von Rhodanammonium zu einer bestimmten Menge des zu prüfenden Wassers hervorgebracht hat, mit jenen Schattierungen, welche durch Zusätze derselben Menge der Rhodanammoniumlösung zu verschiedenen Wasserproben entstanden sind, welche genau gekannte, abgestufte, kleine Mengen von Eisenoxyd enthalten und welche auf das gleiche Volumen wie das zu prüfende Wasser gebracht worden sind. Man sucht nun aus der Reihe der Proben von bekanntem Eisengehalt diejenige heraus, deren Färbung mit der zur Untersuchung vorliegenden Wasserprobe übereinstimmt: beide enthalten die gleiche Menge Eisenoxyd.

Man bereitet sich nach Jolles eine Lösung von 0,4306 g Eisenoxyd-Ammoniak-Alaun, den man durch mehrmaliges Umkrystallisieren gereinigt hat, und füllt unter Zusatz einer geringen Menge verdünnter Salzsäure mit destilliertem Wasser zu einem Liter auf; jeder Kubikcentimeter dieser Lösung entspricht 0,00005 g Fe, resp. 0,00035 g $Fe_2O_3$.

Man engt nun $^1/_2$ l des zu prüfenden Wassers unter Zusatz von einigen Tropfen konzentrierter Salpetersäure auf ca. 80 ccm ein, gießt dieselben in einen engen Cylinder von farblosem Glase mit 100 ccm Inhalt und füllt mit dem Waschwasser, mit dem man die Schale nachspült, auf 100 ccm, also bis zur Marke auf.

Der Querschnitt der 100 ccm-Cylinder sei so gewählt, daß die Flüssigkeit nach dem Auffüllen bis zur Marke eine 18—20 cm hohe Schicht einnimmt.

Man beobachtet nun die Färbung, welche nach dem Versetzen des Wassers mit 5 ccm der Rhodanammoniumlösung (7,5 g auf 100 ccm) und 1 ccm verdünnter Salzsäure (1 : 3) eintritt.

In 4 andere gleich beschaffene Cylinder bringt man der Reihe nach

1, 3, 5, 7 ccm der Eisenoxydlösung, füllt überall bis zur Marke mit destilliertem Wasser auf, giebt 5 ccm der Rhodanammonlösung zu, stellt dann alle Cylinder auf eine weiße Unterlage und sieht von oben hinein. Die hier zum Vergleich kommenden Farbennuancen bewegen sich im Gelblich- bis Rötlichbraunen und hat man sich, da der Höhepunkt der Reaktion erst nach einigen Minuten erreicht wird, mit der Vergleichung nicht zu beeilen. Trifft die Farbennuance der Untersuchungsprobe mit jener der Vergleichsprobe I, II, III, IV zusammen, so enthält sie 0,05 resp. 0,15 resp. 0,25 resp. 0,35 mg Eisen; fällt die Nuance zwischen die zweier Vergleichsproben, so entspricht sie einem Eisengehalte, welcher zwischen dem dieser beiden Vergleichsproben gelegen ist und kann eventuell noch genauer durch einen zweiten Versuch bestimmt werden.

Man erfährt so den Gesamtgehalt der zur Untersuchung verwendeten Wassermenge an Eisen (Oxyd + Oxydul) und hat dann nur auf 1 l umzurechnen. Selbstverständlich ist zu beachten, was schon oben bei der qualitativen Prüfung auf Eisen bemerkt wurde: diese Bestimmungen sollen womöglich vorgenommen werden, ehe sich Eisenoxydhydrat schon in Form von Flocken aus der Wasserprobe abgeschieden hat, daher sie am besten an der Wasserentnahmestelle selbst erfolgen.

Nach Jolles beeinträchtigen Nitrate, Chloride und Karbonate der Alkalien die Farbenreaktion nicht; die Nitrite, sowie die Chloride und Karbonate der alkalischen Erden vermögen aber erst in einer solchen Konzentration einen störenden Einfluß auszuüben, wie sie in einem Wasser — selbst unter Berücksichtigung der Konzentration eines Liters auf 100 ccm — nie beobachtet wird.

13. Für den Fall, daß man in die Lage käme, den **Sauerstoffgehalt** eines Wassers bestimmen zu müssen, würde sich die Methode von L. M. Winkler[38] am meisten empfehlen.

Was die Ermittelung der **Alkalien** betrifft, so bietet dieselbe für den Hygieniker zu geringes Interesse, um ihre Aufnahme an dieser Stelle zu rechtfertigen.

Bezüglich der quantitiven Bestimmungen von **Schwefelwasserstoff** und **Phosphorsäure** die nur selten erforderlich werden, sei auf Fresenius' quantitative Analyse verwiesen.

Zur Prüfung auf Metalle, wie **Blei, Kupfer, Zink,** welche von dem Material der Leitungsröhren aus in vereinzelten Fällen in kleinen Mengen in ein Leitungswasser gelangen können, finden sich in allen Handbüchern der analytischen Chemie geeignete Vorschriften.

1) **C. R. Fresenius**, *Anleitung zur quantitativen Analyse*, 6. *Auflage* 2. *Bd.* 189.
2) **M. v. Pettenkofer**, *Ueber ein Reagens zur Unterscheidung der freien Kohlensäure im Trinkwasser von der an Basen gebundenen. Ztsch. f. Biolog.* 11. *Bd.* 308.
3) **P. Griess**, *Ueber Metadiamidobenzol als Reagens auf salpetrige Säure, Ber. Deutsch. Chem. Ges.* 11. *Bd.* (1878) 624.
4) **P. Griess**, *Bemerkungen zu der Abhandlung der HH.* **Weselsky** *und* **Benedikt** „*Ueber einige Azoverbindungen*“; *ebenda* 12. *Bd.* (1879) 427.
5) **W. D. Gratama**, *Zum Nachweis der salpetrigen Säure, Ztschr. f. anal. Cem.* 14. *Bd.* 75.
6) **E. Kopp**, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.* 5. *Bd.* 284 (1872)
7) **A. Wagner**, *Erkennung und Bestimmung der Nitrate im Brunnenwasser, Ztschr. f. anal. Chem.* 20. *Bd.* 337.
8) **J. Nessler**, *Chem. Centrbl.* (1856) 529.
9) **Hadow**, *Ztschr. f. anal. Chem.* 4. *Bd.* 459.
10) **F. Tiemann** *und* **A. Gärtner**, *Unters. des Wass., Neue Ausgabe bearbeitet von* **Walter-Gärtner**, *Braunschweig* (1895).
11) **The Analyst**, (1881).
12) **Vereinbarungen** *etc. Berlin, J. Springer* (1885).

13) C. **Reichardt**, *Lösung des Bleis in den Röhren der Wasserleitungen, Arch. d. Pharm.* 23. *Bd.* 858.
14) H. **Trillich**, *Die Münchener Hochquellenleitung, München M. Rieger* (1890), 98 *und* R. **Emmerich** *und* H. **Trillich**, *Anleitung zu hygien. Untersuchungen*, 2. *Aufl.* 117, *München, M. Rieger.*
15) Fr. **Mohr**, *Lehrbuch der chem.-anal. Titriermethode*, 5. *Aufl.* 354, *Braunschweig* (1877).
16) **Hermann**, *J. pr. Chem.* 22. *Bd.* 65, 23. *Bd.* 375, 25. *Bd.* 189, 27. *Bd.* 165, 34. *Bd.* 156.
17) **Pagel**, *Dingl. pol. J.* 225. *Bd.* 308.
18) **Senft**, *ebenda* 223. *Bd.* 648.
19) W. **Kubel**, *Anleitung zur Untersuchung des Wassers, Braunschweig* (1866) 24.
20) J. A. **Wanklyn**, *Analyse des Wassers, übersetzt von* H. **Borckert**, *Charlottenburg, O. Brandner* (1893) 32 *u. ff.*
21) J. **Nessler**, *Ueber Bestimmung des Ammoniaks und der Salpetersäure in sehr verd. Lösungen, Ztschr. f. anal. Chem.* 7. *Bd.* 415.
22) C. **Preusse** *und* Ferd. **Tiemann**, *Ueber d. Nachw. d. org. Subst. im Wasser. Ber. Deutsch. Chem. Ges.* 12. *Bd.* (1879) 1906.
23) **Marx**, *Bestimmung der Salpetersäure in Brunnenwassern, Ztschr. f. anal. Chem.* 7. *Bd.* 412.
24) H. **Trommsdorff**, *Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers, Ztschr. f. anal. Chem.* 8. *Bd.* 330 *und Nachträge zu den Untersuchungsmethoden für eine Statistik des Wassers, Ztschr. f. anal. Chem.* 9. *Bd.* 157.
25) **Tiemann-Gärtner**, *l. c.* 202.
26) J. **Mayerhofer**, *Untersuchung d. Wassers, Vereinbarungen bayr. Vertreter d. angew. Chem. Berlin, J. Springer* (1885) 248
27) H. **Trommsdorff**, *l. c.* 8. *Bd.* 368.
28) **Fischer**, *Journ. f. pr. Chem.* (1873) 57.
29) Ferd. **Tiemann**, *Zur Beurteilung der Methoden zur Wasseranalyse, Ber. Deutsch. Chem. Ges.* 6. *Bd.* (1873) 1046.
30) Fr. **Schulze**, *Landw. Versuchst.* 12. *Bd.* 164.
31) Ferd. **Tiemann**, *l. c.* 1041.
32) Th. **Schloesing**, *Annal. de chim. III*, 40. *Bd.* (1854) 479.
33) C. **Reichardt**, *Ueber die Best. d. Salpetersäure n. Schlösing, Ztschr. f. anal. Chem.* 9. *Bd.* 24.
34) L. **Spiegel**, *Ueber die Best d. Salpetersäure im Trinkwasser, Ztschr. f. Hygiene* 2. *Bd.* (1887) 163 *und: Zur Salpetersäurebest. n. Schulze-Tiemann, Ber. Deutsch. Chem. Ges.* 23. *Bd.* (1890) 1361.
35) Th. **Schloesing**, *l. c.*
36) M. A. **Mendes de Leon**, *Ueber den Gehalt der Milch an Eisen, Arch. f. Hyg.* 7. *Bd.* 286.
37) Ad. F. **Jolles**, *Kolorimetrische Bestimmung von Eisen in Mineral-, Brunnen-, Quell- und Flusswasser, Arch. f. Hyg.* 8. *Bd.* 402.
38) L. W. **Winkler**, *Die Best. des im Wasser gelösten Sauerstoffs, Ber. Deutsch. Chem. Ges.* 21. *Bd.* 2843 (1888).
39) **Sclavo**, A., *Di un nuovo apparecchio per la presa dell' acqua a profondità, Ministero dell' Interno, Laboratori scientifici della direzione di sanità* 1889 (*Ref.: Hyg. Rdsch.* (1893) 199.

*Ferner vergl. die Werke von:*

C. **Reichardt**, *Grundlagen für die Beurteilung des Trinkwassers*, 4. *Aufl., Halle a. S., Buchhdlg. d. Waisenhauses* (1880) *und: Die chem. Untersuchungen des Brunnen- u. Quellwassers, Darmstadt u. Leipzig, Ed. Zernin* (1871).

Ferd. **Fischer**. *Das Trinkwasser, seine Beschaffenheit, Untersuchung etc., Hannover, Hahn* (1873) *und: Das Wasser*, 2. *Aufl. Berlin, J. Springer* (1891).

J. **Koenig**, *Chemie d. Nahrungs- u. Genussmittel*, 3. *Aufl. Berlin, J. Springer* 2. *Bd.* (1893), 1172.

## Verzeichnis der Abbildungen.



## Berichtigungen.

S. 516 Z. 19 von oben Dämpfen anstatt Dampfern.
„ 16 „ unten durch oxalsauren anstatt im oxalsauren.
S. 520 „ 19 „ „ quantitativen anstatt quantittiven.
S. 522 „ 19 „ oben Komma hinter hierbei.

# DAS

# WASSER UND DIE MIKROORGANISMEN.

BEARBEITET

VON

**DR. F. LOEFFLER,**

GEH. MED.-RAT UND O. Ö. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

MIT 34 ABBILDUNGEN IM TEXT.

---

# Inhaltsübersicht.

# I. Einleitung.

Der hohe Wert eines guten, der Gesundheit zuträglichen Wassers ist von jeher von allen Völkern anerkannt worden. Die alten Kulturvölker haben, von dieser Erkenntnis durchdrungen, weder Mühe noch Kosten gescheut, um sich den Besitz eines guten Wassers zu sichern und zu erhalten. Sie beurteilten die Güte eines Wassers nicht nur nach den bekannten äußeren Merkmalen, nach welchen noch heute jedermann im gewöhnlichen Leben ein Wasser beurteilt, nach Klarheit, Kühlheit und erfrischendem Geschmack, sondern vor allem auch nach seiner Bekömmlichkeit. Sie beobachteten den Einfluß des Wassers auf die Gesundheit und leiteten aus diesen Beobachtungen gewisse Grundsätze ab für die Beurteilung von Wässern verschiedener Herkunft. Hippocrates erachtet es schon für eine der ersten Aufgaben des Arztes, wenn ein solcher in eine Stadt komme, um daselbst seine ärztliche Thätigkeit auszuüben, sich zuerst von der Beschaffenheit des Wassers zu überführen. Er warnt schon vor stagnierenden oder träge dahinfließenden Oberflächenwässern sowie vor Wässern aus sumpfigen Gegenden. Letztere sollten große, harte Milzen hervorbringen. Ueber die Brunnen, deren Wasser als der Gesundheit zuträglich erprobt war, wachten die Alten mit ängstlicher Sorgfalt. Jede Verunreinigung wurde streng verboten und gestraft. Im Hinblick auf diese tief in das Volksbewußtsein eingedrungene Anerkennung der Bedeutung des Wassers für die allgemeinen Gesundheitsverhältnisse kann es nicht überraschen, daß bei dem Hereinbrechen von Seuchen oder Pestilenzen, deren Verbreitungsursache man vergeblich zu ergründen suchte, und ebenso auch bei Kriegszügen in Feindesland, wenn die Soldaten von Seuchen decimiert wurden, der Verdacht, die Erkrankungen veranlaßt zu haben, sich auf das Allen oder doch Vielen gemeinsame Nahrungsmittel, auf das Wasser, lenkte. Dann hieß es bei den Aerzten ebenso wie in der breiten Masse des Volkes: die Brunnen sind vergiftet. So berichtet z. B. Thucydides, daß die atheniensische Pest infolge der Vergiftungen der Cisternen eine so furchtbare Verbreitung gewonnen habe. Bis in die neueste Zeit hinein sehen wir beim Hereinbrechen mörderischer Epidemieen unter ungebildeten Bevölkerungen noch die gleichen Verdachtsmomente zu Tage treten. Namentlich bei epidemischen Erkrankungen, welche mit auffallenden Störungen der Verdauungsorgane einhergingen, lenkte sich der Verdacht immer

wieder auf das Wasser. Viele der Erkrankten erinnerten sich dann, ein Wasser getrunken zu haben, welches ihnen schon beim Genuß durch Trübungen oder schlechten Geschmack verdächtig vorgekommen war. Nicht selten waren es die Benutzer bestimmter Brunnen, welche erkrankten, während alle die, welche aus anderen Bezugsquellen ihren Bedarf gedeckt hatten, frei blieben von Erkrankungen. Womit waren denn nun aber die Brunnen vergiftet? Bei der Untersuchung derselben fand man bisweilen Kadaver von Tieren, auch wohl Teile von menschlichen Leichen oder sonstigen faulenden Unrat. Diese faulenden Stoffe, nahm man an, erzeugten die Faulfieber. Bisweilen aber konnte man selbst in hochverdächtigen Brunnen nichts Abnormes entdecken. Solche negativen Befunde vermochten aber keineswegs den Verdacht der Vergiftung zu beseitigen. Im Gegenteil, sie erhöhten ihn sogar. Es war dann eben ein geheimnisvolles Gift verwandt worden, welches keine augenfälligen Veränderungen im Wasser hervorrief und darum um so gefährlicher war.

Als man dank den Fortschritten der Chemie dahin gekommen war, die im Wasser gelösten Stoffe genauer zu analysieren, gelang es auch bisweilen, in Wässern, welche in dem Verdacht standen, Erkrankungen hervorgerufen zu haben, salzige oder erdige Stoffe, ja auch bestimmte Gifte, Blei, Kupfer, Arsen nachzuweisen. Schon den Alten war es bekannt, daß das Wasser durch die Aufnahme von Blei giftige Eigenschaften annehmen kann. In seinem System einer vollständigen medizinischen Polizei berichtet Johann Peter Frank im Jahre 1783 über zahlreiche derartige Feststellungen. Aber diese gelösten Bestandteile konnten doch nicht immer als die Ursache der Gesundheitsschädlichkeit angeschuldigt werden.

„Les connaissances acquises par les chimistes et les physiciens", sagte Thouvenet, „établissent cette croyance vulgaire, que les meilleurs eaux potables sont celles, qui contiennent le moins de matières salines et terreuses en dissolution, mais d'autres expériences ont du prouver depuis longtemps, que cette règle souffre beaucoup d'exception, et que par conséquent les bonnes ou mauvaises qualités des eaux tiennent à une autre cause qu' aux substances fixes que l'on y découvre." (Mémoire de la Société Royale de Médecine, Année 1777/78 p. 275.)

Eine Reihe von Beobachtungen wies darauf hin, daß vielleicht eine in dem Wasser enthaltene giftige Luft die Ursache der Schädlichkeit sein könnte.

„Die reinste Luft", sagt J. P. Frank, „wenn sie lange eingeschlossen bleibt, wird giftartig, und dies um so eher, wenn es in unterirdischen Höhlen geschieht. Es scheint allerdings mit dem Wasser gleiche Bewandtnis zu haben; es seye, daß es selbsten eine Veränderung dabei leide, oder daß es sich mit dergleichen giftartiger Luft sättige. Valeriola erzählet, wie schon Unzer angeführet, daß ein zu Padua eröffneter Brunnen eine pestartige Krankheit verursacht habe, an der viele Leute gestorben, und Gainerius bezeuget, daß bei der Eröffnung eines anderen eine große Anzahl Zuschauer schleunig tot geblieben sind. Dergleichen Unglück trägt sich zum öfteren bei den Brunnen zu, welche lange zugedeckt gestanden haben."

Um das Wasser aus Brunnen von der giftigen Luft zu befreien, legte man deshalb bei öffentlichen Pumpen Tröge an, in welchen das Wasser erst eine Zeit lang stehen konnte, ehe es gebraucht wurde.

Aber noch andere Ursachen mußten vorhanden sein für die Gesundheitsschädlichkeit mancher Wässer. Zu Paris herrschten 1731 bei großer Trockenheit Krankheiten. Jussieu suchte deren Grund in der häufigen Vermehrung zweier Wasserpflanzen. Gadd sah selbst zwei Stück Vieh fallen, weil sie aus einem kleinen Bache getrunken hatten, in welchen die vergiftete Wurzel des Wasserschierlings ihren Saft rinnen ließ. Kurz, man suchte und fand Gründe in Menge für die gesundheitsschädliche Beschaffenheit mancher Wässer. Aber eine befriedigende Erklärung für die Entstehung schwerer, typhöser Erkrankungen, welche man auf den Genuß bestimmter Wasser zurückzuführen nicht umhin konnte, wurde nicht gewonnen.

Eine neue Aera brach an, als das Mikroskop entdeckt war. Dem bewaffneten Auge enthüllte sich ein Reichtum von lebenden Wesen in dem Wasser, welcher Alles in Erstaunen versetzte. Was lag näher, als diese belebten Wesen für die Entstehung der Erkrankungen verantwortlich zu machen? Aber trotz der sorgsamsten mikroskopischen Untersuchungen der Wässer kam man nicht weiter, als bereits die Alten gewesen waren. Welche von den Tausenden und aber Tausenden von Organismen, die in den Wässern vorhanden waren, waren denn Krankheitserreger und welche nicht? Zur Beantwortung dieser Frage war es erforderlich, vor allem die Erreger der Erkrankungen im Körper der erkrankten Individuen aufzufinden und deren morphologische und biologische Eigentümlichkeiten festzustellen, ehe man daran denken konnte, krankheitserregende Wesen in verdächtigen Wässern aufzusuchen. Diese Aufgabe ist erst in den letzten Decennien zum Teil wenigstens gelöst. Erst mit der Erkenntnis der spezifischen Krankheitserreger beginnt die zielbewußte hygienisch-biologische Untersuchung des Wassers. Bis zum Auffinden der spezifischen Erreger mußte man sich damit begnügen, gewisse, auf Verunreinigungen eines Wassers hindeutende Veränderungen chemischer Natur festzustellen, und daraus auf eine Verunreinigung des Wassers mit den theoretisch postulierten Schädlichkeiten zu schließen. Daß diese Schlüsse vielfach irrige sein mußten, liegt auf der Hand. Nicht jede Verunreinigung eines Wassers, selbst wenn sie so hochgradig ist, daß sie grobsinnlich wahrgenommen werden kann, bedingt eine Gesundheitsschädlichkeit desselben. Es bedarf des gleichzeitigen Hineingelangens der spezifisch pathogenen Keime, damit ein solches verunreinigtes Wasser krankheitserregend wirkt. Andererseits ist es aber durchaus nicht notwendig, daß ein Wasser deutliche Kennzeichen einer stattgehabten Verunreinigung bieten muß, wenn es infektiöse Eigenschaften besitzt. Die verunreinigenden Stoffe, welche die Krankheitserreger enthalten, können eine so starke Verdünnung erfahren haben, daß chemisch die stattgehabte Verunreinigung nicht nachweisbar ist. Und doch ist das Wasser infektiös, weil es die krankheitserregenden Organismen beherbergt. Eine sichere Grundlage für die Beurteilung eines Wassers konnte daher einzig und allein durch den Nachweis der spezifisch pathogenen Keime in demselben gewonnen werden. Ueberaus schwierig gestaltete sich aber auch jetzt noch das Studium des Verhaltens der pathogenen Organismen in den Wässern. Ihr Nachweis, welcher im Körper des erkrankten Individuums meist

ohne Mühe gelingt, war im Wasser, namentlich im verunreinigten Wasser, ein außerordentlich schwieriger. Während sie dort allein vorhanden waren, oder doch an Zahl bei weitem die saprophytischen Organismen überwogen, fanden sie sich im Wasser in verschwindend kleiner Zahl inmitten einer gewaltigen Ueberzahl von Saprophyten. Wiederum bedurfte es neuer, verbesserter Methoden, um sie nun auch unter diesen schwierigen Verhältnissen mit Sicherheit nachzuweisen und in Reinkultur zu gewinnen. In dieser Phase der hygienisch-biologischen Wasseruntersuchung befinden wir uns noch jetzt. Wirklich befriedigende Ergebnisse hat dieselbe nur erst hinsichtlich zweier Krankheiten geliefert, hinsichtlich der Cholera und des Milzbrandes, sowie hinsichtlich einiger durch tierische Parasiten bedingten Krankheiten.

Bei der Mehrzahl der Krankheiten, an deren Verbreitung das Wasser mehr oder weniger stark beteiligt ist, läßt die Methodik und dementsprechend auch die Exaktheit unserer Kenntnisse noch vieles zu wünschen übrig.

Bevor wir auf den Kernpunkt der hygienisch-biologischen Wasseruntersuchung, auf die Beziehungen der verschiedenen Krankheiten bez. deren Erreger zum Wasser näher eingehen, dürfte es von Interesse sein, zunächst einen Ueberblick zu gewinnen über die Entwickelung unserer Kenntnisse von den Wasserorganismen und über die Methoden, mit Hilfe welcher diese gewonnen worden sind.

---

## II. Entwickelung der Lehre von den mikroskopischen Wasserorganismen.

Unsere Kenntnisse über das Vorkommen kleinster, mit dem unbewaffneten Auge nicht erkennbarer niederster Organismen in Wässern der verschiedenartigsten Herkunft reichen zurück bis in das 17. Jahrhundert. Kein anderer als der Vater der Mikrographie, Antony van Leeuwenhoek[1] war es, welcher sie zuerst gesehen und beschrieben hat. Mit der Auffindung der mikroskopischen Organismen im Wasser beginnt sogar die ganze Lehre von den Mikroorganismen. Im September 1675 entdeckte Leeuwenhoek mit seinen einfachen, je aus einer einzigen kleinen, fein geschliffenen Linse bestehenden Mikroskopen im Regenwasser lebhaft sich bewegende Tierchen von so außerordentlicher Kleinheit, daß der berühmteste Mikroskopiker der damaligen Zeit, Robert Hooke, mit seinen besten, aus geschmolzenen Glaskügelchen hergestellten Linsen erst nach jahrelangen mühevollen Untersuchungen ihr Vorhandensein bestätigen konnte. Bald darauf fand Leeuwenhoek auch im See- und Brunnenwasser allerlei Tierchen, welche sich sowohl durch ihre Gestalt und Größe, als auch durch die Art ihrer Bewegungen deutlich voneinander unterschieden. Im Monat August des Jahres 1713 entdeckte er auf einem Aquarium in seinem Garten ein grünlich schillerndes, äußerst zartes Häutchen, während er sonst keine Pflanzen

darin bemerkte. Er berührte mit einem Stäbchen die Oberfläche des Wassers und beobachtete in dem entnommenen Wassertropfen eine außerordentliche Menge mit dem Mikroskop kaum erkennbarer Tierchen. Spülte nun jemand, so schloß er, Trinkgefäße in einem solchen Wasser aus, so würden wer weiß wie viele Tiere an denselben hängen bleiben und einige davon gewiß in den Mund der aus diesen Gefäßen Trinkenden hineinkriechen. Auf diese Weise erklärte sich ihm zur Genüge die Anwesenheit der Tierchen, welche er in enormer Menge in der Substanz zwischen den Zähnen aufgefunden hatte. An die Möglichkeit, daß derartige Tierchen bei ihrer außerordentlichen Kleinheit etwa in das Blut eindringen könnten, hat Leeuwenhoek bereits gedacht, indessen wies er eine solche Annahme von der Hand, weil er „die Gefäße, welche das Material aufnehmen, aus welchem das Blut, das Fett u. s. w. gemacht wird", für so eng hielt, „daß ein solches Tierchen, selbst wenn es noch tausendmal kleiner wäre, wegen seiner Größe nicht hindurchwandern könnte".

Nachdem Leuwenhoek's Entdeckung einer neuen Welt kleinster Wesen in Wässern der verschiedensten Herkunft und Beschaffenheit schnell bekannt geworden war, machten sich aller Orten Freunde der Naturbeobachtung daran, sich einen Einblick in diese neuen, überaus interessanten, kleinsten, belebten Wesen zu verschaffen. Das lebhafte Treiben der mannigfaltigsten Formen in einem winzigen Wassertröpfchen war ein so fesselndes Schauspiel, daß alle die, welche so glücklich waren, ein Mikroskop zu besitzen, gar nicht müde wurden, sich immer wieder und wieder daran zu ergötzen.

Staunende Bewunderung erfüllte ganz die Gemüter beim Anblick des unendlichen Formenreichtums der neuen Wesen. Man freute sich ihres Vorhandenseins in kindlicher Naivität, aber man dachte kaum daran, die verschiedenen Formen zu beschreiben, und noch viel weniger stellte man ernstlich die Frage, welche Bedeutung diese niedersten Gebilde im Haushalte der Natur etwa haben möchten. Der erste, welcher die ganze Welt der niedersten Organismen in den Wässern in systematischer Weise zusammenfaßte, war der berühmte dänische Naturforscher Otto Friedrich Mueller[2] in Kopenhagen. In seinem grundlegen-Werke: „Animalcula infusoria fluviatilia et marina" hat er die Animalcula aquatica, welche er in Fluß-, See-, Teich-, Sumpf- und Brunnenwässern gefunden, zusammen mit einer Anzahl aus Infusionen organischen Materiales stammenden beschrieben und abgebildet. Bei jedem einzelnen Organismus hat er genau angegeben, in welchem Wasser er ihn gefunden. Die Mehrzahl entstammt unreinen, stagnierenden, mit Wasserpflanzen erfüllten Wässern, bei einer kleineren Zahl finden wir die Angabe „in aquis puris", „in aquis purioribus", „in aqua purissima", wie auch Mueller in der Vorrede zu seinem Werke betont: „Species pauciores in aqua purissima nulla vegetatione visibili imbuta inveniuntur." Immerhin hat er aber von den kleinsten Microscopicis mehrere Arten, Monaden und Vibrionen, in reinen Wässern gefunden.

Besonders hervorzuheben ist, daß Mueller auf das Vorkommen mancher Arten zu bestimmten Jahreszeiten bereits die Aufmerksamkeit gelenkt hat.

Das, was Mueller grundlegend beschrieben, wurde im Laufe der nächsten Decennien, in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts, von zahlreichen Forschern weiter verfolgt. Die Zahl der in den

Wässern, namentlich in unreinen Oberflächenwässern vorhandenen Formen und Arten wurde außerordentlich vermehrt. Das epochemachende Werk Ehrenberg's[3] legt Zeugnis dafür ab.

Hand in Hand mit der Erforschung der niedersten Tierformen ging die Untersuchung und die Beschreibung der niedersten mikroskopischen pflanzlichen Gebilde, welche in zahllosen Arten die Gewässer bevölkern. Die Aehnlichkeit der farblosen kleinsten Tierwesen mit dem Bau niederster Algen führte Ferdinand Cohn[4], den Beherrscher des Grenzgebietes zwischen Tier- und Pflanzenreich, zu der Erkenntnis, daß die kleinsten, als Körnchen, Stäbchen und Schrauben sich darstellenden farblosen Wesen unzweifelhaft zum Pflanzenreiche gehörten. Da diese Wesen aber farblos waren und ihren Ernährungsbedingungen nach mehr zu den Pilzen als zu den Algen gehörten, so wurden sie von Cohn in eine besondere Gruppe vereinigt und zusammengefaßt unter dem Namen der Bakterien.

Die in den Wässern vorkommenden Formen dieser Gebilde wurden von Cohn genau beschrieben. Auf Grund auffallender Formenunterschiede teilte er sie in verschiedene Tribus und Arten. Da die Isolierung der Einzelindividuen und deshalb das nähere Studium der Entwickelung derselben nicht möglich war, so war es zu jener Zeit noch nicht angängig, die Frage endgiltig zu entscheiden, ob die einfachsten Formen besondere Arten darstellten oder aber in den Entwickelungskreis zwar auch mikroskopischer, aber doch höher entwickelter Formen hineingehörten. Cohn vertrat die Ansicht, daß es notwendig sei, zunächst die einzelnen Formen scharf zu trennen und nicht etwa aus der Gleichzeitigkeit des Vorkommens mit jenen anderen höheren Formen auf eine Zugehörigkeit zu diesen zu schließen. Von dem Augenblick an, als Robert Koch[5] seine neue Methode zur Trennung und isolierten Beobachtung der Einzelindividuen bekannt gegeben hatte, begann dann die Unterscheidung dieser niedersten Bewohner des Wassers in zahlreiche Arten. Eine große Zahl von Forschern hat es sich angelegen sein lassen, alle durch morphologische und kulturelle Merkmale sich als verschieden erweisenden Arten, welche in den Wässern verschiedenster Provenienz aufgefunden werden konnten, eingehend zu beschreiben und zu klassifizieren, wie man es früher mit den makro- und mikroskopischen Wassertieren und Wasserpflanzen gethan hatte, Arbeiten, welche ja unzweifelhaft ein nicht geringes naturwissenschaftliches Interesse beanspruchen, für den Arzt und Hygieniker aber nur als von geringem Werte sich ergeben haben. Die Biologie des Wassers vom beschreibend-naturwissenschaftlichen Standpunkte aus wird naturgemäß eine wesentlich andere sein als die Biologie des Wassers vom hygienischen Standpunkte aus. Für den beschreibenden Naturforscher erscheinen alle in den Wässern vorkommenden Organismen von gleicher Wichtigkeit, für den Hygieniker sind nur diejenigen von Interesse, welche eine Bedeutung haben für die Gesundheit, sowie auch diejenigen, welche durch Aehnlichkeiten in der Form und Biologie zu den pathogenen in verwandtschaftlichen Beziehungen stehen.

Es würde über den Rahmen einer hygienischen Biologie der Mikroorganismen des Wassers weit hinausgehen, die gesamte mikroskopische Flora und Fauna der Wässer in den Kreis der Betrachtung zu ziehen. Eine Fülle trefflicher Spezialwerke gestatten demjenigen, welcher sich für diese mikroskopischen, den makroskopischen Bewohnern der Wässer

an Formen- und Artenreichtum nicht nachstehenden Wesen interessiert, sich Rat und Belehrung zu holen.

Wir beschränken uns auf eine kurze Uebersicht der hygienisch wichtigeren.

1) *Arcana naturae detecta ab* **Antonio van Leeuwenhoek**, *Delphis Batavorum* 1695. **Antonii a Leeuwenhoek** *regiae, quae Londini est, societatis collegae epistolae physiologicae super compluribus naturae arcanis, Delphis* 1719.
2) **Otto Friedrich Müller**, *Animalcula infusoria fluviatilia et marina, Havniae* 1786.
3) **Christian Gottfried Ehrenberg**, *Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen*, 1838.
4) **Ferdinand Cohn**, *Untersuchungen über die Entwickelungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze, Nova Acta Academiae Caes. Leop. Carol. Natur. Cur. Vol.* **24** *Teil* 1 (1854) 101.
5) **Robert Koch**, *Zur Untersuchung von pathogenen Organismen, Mitteilungen a. d. Kais. Gesundheitsamt* (1881) 1. *Bd.* 1.

---

# III. Uebersicht der hygienisch wichtigeren Wasserorganismen.

## A. Wassertiere.

Von höher organisierten Tieren sind zunächst zu nennen einige kleine noch makroskopisch erkennbare n i e d e r e  K r e b s e: Die Familie der C y c l o p i d e n oder H ü p f e r l i n g e aus der Ordnung der Ruderfüßer oder Spaltfüßer (Copepoden). Sie sind ausgezeichnet (Fig. 1) durch einen eiförmigen, aus fünf Segmenten bestehenden Vorderleib und einen schmäleren, ebenfalls fünf Ringe darbietenden, in die mit feinen Borsten besetzte „Schwanzgabel“ endigenden Hinterleib, vier Kopffühler und ein in der Mitte der Stirn gelegenes Auge. Das Weibchen trägt seine Eier in zwei, gewöhnlich etwas abstehenden Säckchen an beiden Seiten des Hinterleibes. Diese kleinen Arthropoden sind wichtig, weil die Larven der Filaria Medinensis sich in ihnen entwickeln. Von Interesse sind ferner die zu den Branchiopoden, Kiemenfüßlern, gehörenden D a p h n i d e n, wegen ihrer eigentümlichen, durch zwei mächtige Ruderantennen bewirkten Fortbewegungsweise, „W a s s e r-

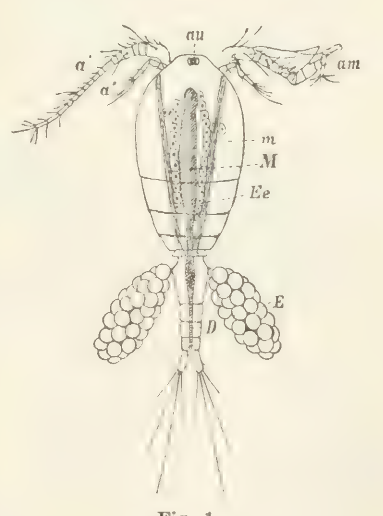


Fig. 1.

Fig. 1. Cyclops tenuicornis C l a u s, Weibchen, von oben gesehen. (Aus Dr. O t t o Z a c h a r i a s, Die Tier- und Pflanzenwelt des Süßwassers Bd. 1 IX. Die Krebsfauna unserer Gewässer von Dr. J. V o s s e l e r in Tübingen.) *a' a''* Antennen, *am* Antenne des Männchens zum Greifen der Weibchen, *au* Auge, *m* Längsmuskel, *M* Magen, *D* Darm, *E* Eiersäckchen, *Ee* Eileiter mit Eiern gefüllt.

flöhe" benannt (Fig. 2). Der meist quer zusammengedrückte, segmentarme Leib ist von einer durchsichtigen Schale eingeschlossen, welche am Rücken zur Bildung des sog. „Brutraums" für die Eier dient. Zu erwähnen sind auch von den höheren Krebsen aus der Ordnung der

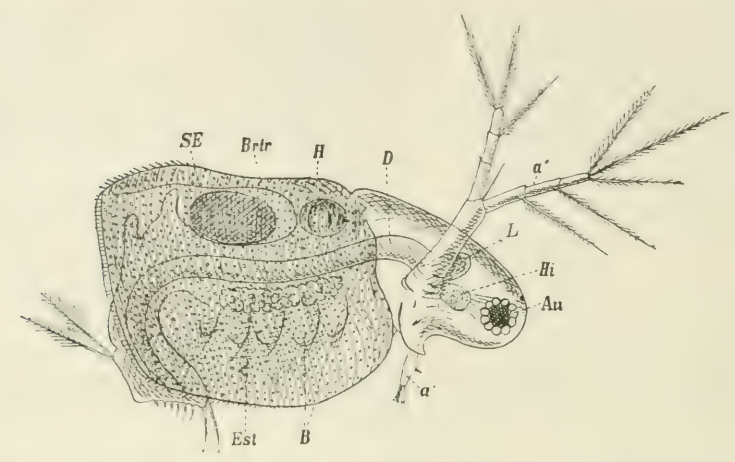



Fig. 2. Daphnia (Simocephalus sima (Liévin) aus Zacharias-Vosseler). *a'* Erste verkümmerte Antenne, *a''* zweite Antenne, *Au* Auge, *B* äufserer Ast der Beine, *Hi* Hirn, *L* Leberschlauch, *D* Darm, *H* Herz, *Brtr* Brutraum, *SE* Sommerei im Brutraum, *Est* Eierstock.

Amphipoden die Gammariden, die Flohkrebse (Fig. 3) leicht erkennbar an den 7 Thoraxsegmenten und an den als Kiemen fungierenden blasigen Gebilden an der Innenseite der meisten Brustbeine. Daphniden und Gammariden dienen als Zwischenwirte für die Larven von Distomen, die Gammariden auch für die Larven des in Fischen schmarotzenden Echinorhynchus proteus.

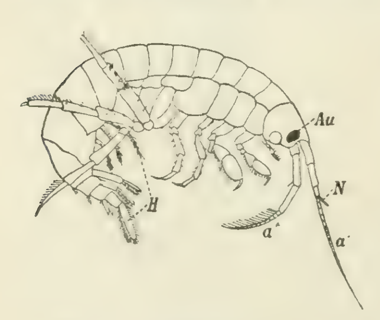



Fig. 3. Gammarus pulex L. Aus Zacharias-Vosseler. *a' a''* Antennen, *Au* Auge, *H* Hinterleibsbeine, *N* Nebenast.

Geringe hygienische Bedeutung haben die in den verschiedenartigsten Wässern häufig vorkommenden Rädertiere, Rotatoria. 20 Arten von ihnen sind bereits bekannt, welche als Ekto- und Endoparasiten auf bez, in anderen Wasserbewohnern schmarotzen.

Von den Würmern sind sehr verbreitet im süßen und salzigen Wasser manche Nematoden, so z. B. Mitglieder der Familie der Anguillulae, der Aelchen (Fig. 4). Eine Art derselben ist als Erreger der Cochinchina-Diarrhöe angesehen worden, nach neueren Untersuchungen indessen nicht mit Recht.

Von den parasitischen Würmern ist eine ganze Anzahl bei ihrem Entwickelungsgange auf das Wasser bez. auf Schlamm angewiesen. Die Larven oder Embryonen mehrerer Distomum- (Fig. 5), Bothriocephalus- (Fig. 6), Strongylus-, Filaria- und Echinorhynchus-

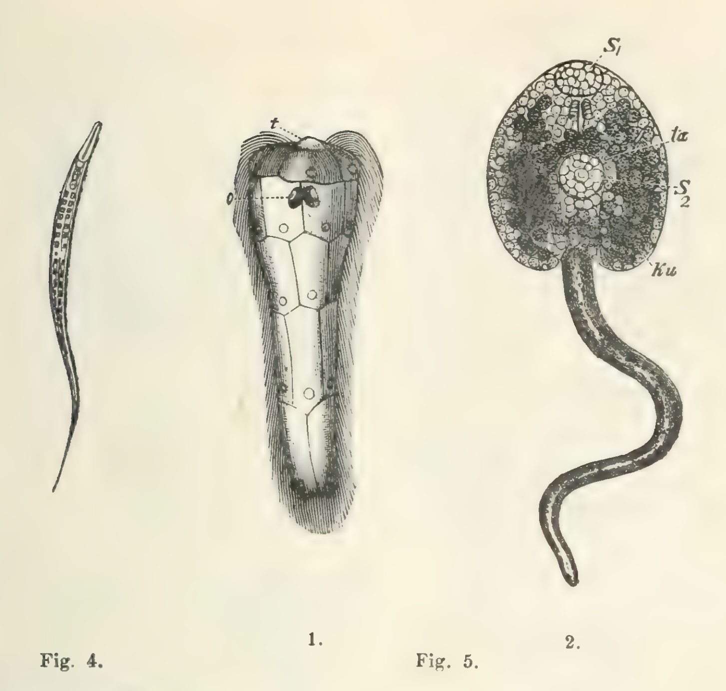



Fig. 4. Anguillula.
Fig. 5. Distomum hepaticum nach Boas. 1. neugeborene Larve, *t* Bohrzapfen, *o* Auge.
2. Cercarie, *ku* Drüsen, deren Sekret die Kapsel bildet, $S_1$—$S_2$ die beiden Saugnäpfe, *ta* Darm.

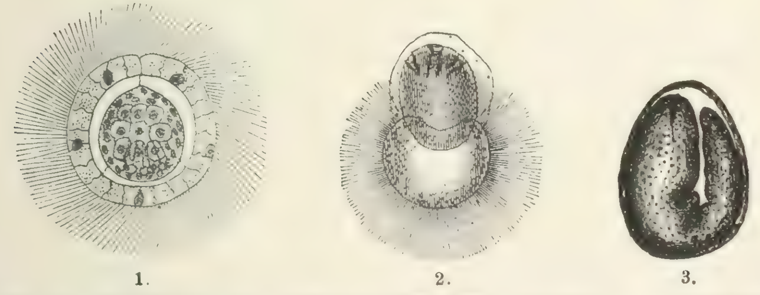



Fig. 6. Entwickelung von Bothriocephalus (aus Leuckart). 1. Flimmerlarve, 2. Flimmerlarve mit herausgepreſster sechshackiger Larve, 3. eingekapselter junger Bothriocephalus.

Arten sind echte Wassertiere. Gelegentlich kommen auch im Wasser vor die Eier sämtlicher Würmer, welche den Darm von Menschen und Tieren bevölkern, der Tänien, Bothriocephalen, Ascariden, Trichocephalen, Oxyuren, Ankylostomen, Distomen u. s. f. (Fig. 7 a. f. S.).

Sie gelangen mit dem Kote bez. mit dem Urin nach außen und, durch Tagewässer aufgeschwemmt, in Wasserläufe oder ungeschützte Brunnen.

Von der unendlichen Schar der niedersten Tierformen der

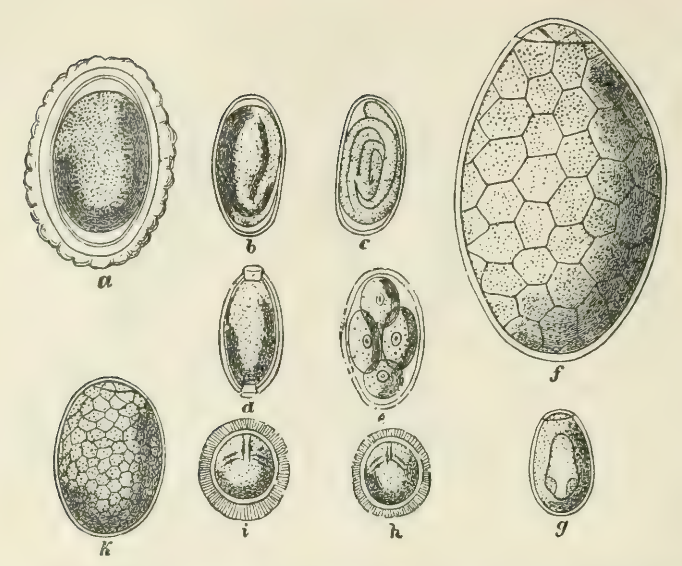



Fig. 7. Eier von Helminthen des menschlichen Darms bei 400 facher Vergrößerung (aus Leuckart). *a* Ascaris lumbricoides, *b* und *c* von Oxyuris vermicularis, *d* Trichocephalus dispar, *e* Dochmius duodenalis, *f* Distomum hepaticum, *g* Distomum lanceolatum, *h* Taenia solium, *i* Taenia saginata, *k* Bothriocephalus latus.

Rhizopoden und Infusorien können nur wenige bisher eine hygienische Bedeutung beanspruchen.

Von den Rhizopoden, Wurzelfüßlern oder Schleimtieren sind zu erwähnen die Amöben. Sie stellen sich dar als protoplasmatische Gebilde von veränderlicher Gestalt. Meist läßt sich an ihnen ein Endo- und ein Ektoplasma unterscheiden, in welche ein Kern, Vakuolen, Körnchen und Bakterien eingelagert sind (Fig. 8). Aus dem Protoplasma werden Fortsätze ausgesendet und wieder eingezogen. Die in ihrer Umgebung befindlichen festen Teile, namentlich Bakterien, nehmen sie in sich auf, indem sie dieselben umgießen oder umfließen. Ihre Vermehrung erfolgt durch Teilung.

Außer der Amöbenform bilden sie eine Cystenform. Das Tier rundet sich ab und umgiebt sich mit einer äußeren Wand.

Celli und Fiocca[1], welche zahlreiche Amöben in einem besonderen, von ihnen hergestellten, aber noch nicht mitgeteilten Nährboden kultiviert haben, unterscheiden sechs Species, deren Mehrzahl in Boden und Schlamm von Sümpfen, aber auch im Trinkwasser sowie im Darm von Menschen und Tieren gefunden worden ist.

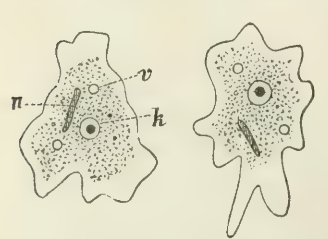



Fig. 8. Eine Amöbe in zwei verschiedenen Momenten. *k* Kern, *v* Vakuole, *n* aufgenommene Nahrung. Nach Gegenbauer.

Unter den Amöben findet sich der Erreger der tropischen Dysenterie, dessen sichere Differenzierung aber zur Zeit noch nicht möglich ist.

Die Infusorien, ausgezeichnet durch körniges, vielfach kontraktile Blasen führendes Protoplasma, eine deutliche, dasselbe

umgebende Membran — Cuticula —, von welcher teils längere Schwingfäden, Geißeln, teils kurze Wimperhärchen in verschiedener Zahl und Anordnung ausgehen, haben sich bisher als hygienisch bedeutungsvoll nicht erwiesen.

Eine Anzahl der zu der Familie der Monadinen gehörigen Arten kommt auf Schleimhäuten, besonders der des Darmes von Menschen und Tieren vor — Trichomonas, Cercomonas, Megastoma u. a.

Von den mit deutlicher Mundöffnuug versehenen Wimperinfusorien sind die zu den Holotrichen gehörigen Paramaecien (Fig. 9), von den Heterotrichen das Balantidium coli (Fig. 10) von Interesse, weil sie ebenfalls Darmbewohner sind.

Aus der Ordnung der Peritrichen hat neuerdings die Familie der Vorticellinen die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt. Die Vorticellinen (Fig. 11), glocken- oder napfförmige, mit starkem, adoralem

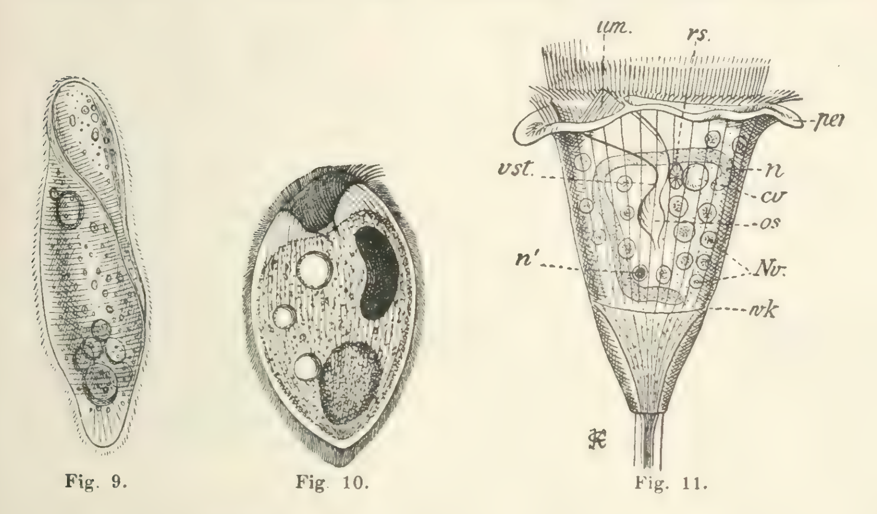



Fig. 9. Paramaecium aurelia.
Fig. 10. Balantidium coli (nach Leuckart)
Fig. 11. Carchesium polypinum (nach Bütschli aus Hertwig). *n* Kern, *n'* Nebenkern, *cv* kontraktile Vakuole mit ihrem Reservoir *rs*, *wk* Ring, an dem sich ein hinterer Wimperring bilden kann, *Nv* Nahrungsvakuolen, *per* Peristom, *vst* Vestibulum, *um* undulierende Membran, *os* Oesophagus.

Wimperkranz versehene Infusorien, kommen vor entweder als mittels eines kontraktilen Stieles festhaftende oder aber als freischwimmende Gebilde.

Lindner[2] machte nun darauf aufmerksam, daß gerade die stiellosen Vorticellen, welche in Bächen, Flüssen, unreinen Brunnen-, Schmutz- und Abfallwässern vorkommen, bei dem Prozeß des Einkapselns pathogene Bakterien in sich aufnehmen können. In den gegen Eintrocknung enorm widerstandsfähigen Kapseln sollen diese längere Zeit lebensfähig bleiben. Werden dann die Kapseln mit dem Staube verbreitet, wie dies ja in reichem Maße der Fall zu sein pflegt, so wäre damit die Möglichkeit gegeben, daß mit den eingekapselten Infusorien auch die pathogenen Keime in den Respirations- bez. Digestionsapparat empfänglicher Individuen gelangen und zu Infektionen Anlaß geben könnten.

Lindner zufolge sollen die stiellosen Vorticellen selbst ekzematöse Erkrankungen bei Menschen und Tieren bewirken können (s. u.).

Vielleicht spielen bei der Verbreitung der exquisiten Zellparasiten der Hämamöben oder Plasmodien der Malaria manche Infusorien eine Rolle.

## B. Wasserpflanzen.

Die chlorophyllhaltigen Algen vegetieren am üppigsten in stagnierenden oder langsam fließenden Gewässern, Teichen und Gräben, meist freischwimmend oder mit besonderen Haftorganen an phanerogamen Wasserpflanzen, an porösen Steinen u. dgl. befestigt, grüne, schleimige, flutende oder sammetartige Lager oder grüne Anflüge bildend.

Von geringerem hygienischen Interesse sind die Chlorophyceen, zu welchen die grünen Fadenalgen — Confervoideen — und die grünen einzelligen Algen — die Protococcoideen — gehören. Einzelne Arten der letzteren kommen häufiger vor in verunreinigten Wässern, so z. B. Chlorosphaera, Chlorella und Scenedesmus (Fig. 12).

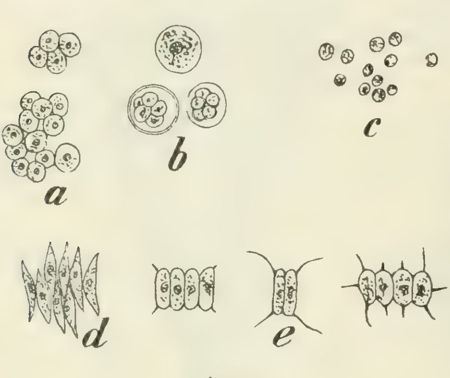



Fig. 12.

Fig. 12 (aus H. Schenck: Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines, C. f. allg. Gesundheitspfl., 1893, 12. Jahrg.). *a b* Chlorosphacea limicola Beyer, 500 mal. *c* Chlorella vulgaris Beyer, 500 mal. *d* Scenedesmus acutus Meyen, 500 mal. *e* Scenedesmus caudatus Corda, 500 mal.

Wichtiger, weil häufig in ungeheuren Mengen und in großer Artenzahl vertreten, sind die Kieselalgen, die Diatomeen, welche teils frei im Wasser schwimmen, teils zusammen mit den Cyanophyceen, den blaugrünen Spaltalgen, am Ufer von Teichen und Flüssen blaugrün gefärbte Ueberzüge bilden, häufig auch mit den chlorophyllfreien Vegetationen in verunreinigten Wässern sich vergesellschaften.

Die Diatomeen sind einzellige Algen, deren Zellen braungelbe Chromatophoren enthalten, welche von einer aus zwei Hälften bestehenden, mit Kieselsäure imprägnierten Zellwand eingeschlossen sind. Der Kieselpanzer zeigt meist außerordentlich feine und zierliche Zeichnungen. Die wichtigsten Diatomeen, welche sich an der Zusammensetzung der Oscillarien-Diatomeenschichten beteiligen, sind nach Schenck folgende:

| | |
|---|---|
| Navicula cuspidata | Nitzschia palea |
| Cymbella cistula | Surirella ovata |
| Encyonema caespitosnm | Diatoma vulgare |
| Gomphonema olivaceum | Diatoma hiemale |
| Rhoicosphenia curvata | Synedra ulna |
| Nitzschia acicularis | Synedra oxyrhynchus |

Zwischen Beggiatoa alba treten auf:

| | |
|---|---|
| Nitzschia acicularis | Synedra oxyrhynchus |
| Nitzschia palea | Surirella ovata (Fig. 13). |

Die blaugrünen Spaltalgen bestehen aus kürzeren oder längeren, drehrunden, geraden Fäden (Oscillaria) oder Spiralen (Spirulina)

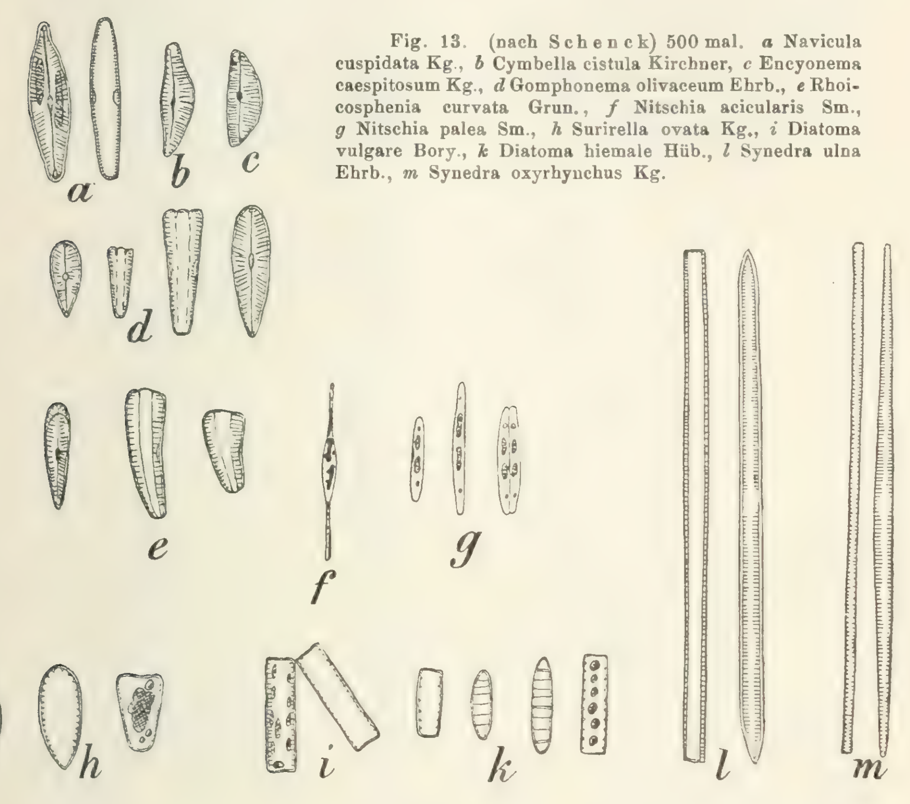



Fig. 13. (nach Schenck) 500 mal. *a* Navicula cuspidata Kg., *b* Cymbella cistula Kirchner, *c* Encyonema caespitosum Kg., *d* Gomphonema olivaceum Ehrb., *e* Rhoicosphenia curvata Grun., *f* Nitschia acicularis Sm., *g* Nitschia palea Sm., *h* Surirella ovata Kg., *i* Diatoma vulgare Bory., *k* Diatoma hiemale Hüb., *l* Synedra ulna Ehrb., *m* Synedra oxyrhynchus Kg.

Fig. 13.

(Fig. 14) oder rundlichen Zellen (Chroococcus, Gloeocapsa) (Fig. 15), welche häufig in eine Gallertscheide eingehüllt sind und sich zu lederartigen Lagern verflechten bez. zu gallertartigen Klumpen und Häufchen verbinden.

In der wärmeren Jahreszeit entwickeln sie sich in manchen Gewässern in so enormen Mengen, daß die ganze Wassermasse schmutziggrün gefärbt erscheint. Derartigen Wässern entströmt dann häufig ein eigenartiger, penetranter Geruch, welcher auch allen mit dem Wasser in Berührung gebrachten Gegenständen anhaftet.

Ungleich bedeutungsvoller sind die chlorophyllfreien Wasservegetationen — die pilzähnlichen Algenformen, die Wasserpilze und die Bakterien. Durch den Mangel an Chlorophyll auf eine den Pilzen ähnliche Lebensweise hingewiesen, werden sich diese niedersten Formen besonders da entwickeln, wo in dem Wasser reichliche Mengen organischen Materiales vorhanden sind.

Was zunächst die höheren Formen anlangt, so sieht man häufig dort, wo Kanalwässer von Städten, Abwässer bestimmter Fabriken, von Brauereien, Zucker-, Stärke-, Papier- und anderen Fabriken in öffentliche Wasserläufe einmünden, den Boden von schmutzig-grauweißlichen, flottierenden, „schafpelz“-ähnlichen Massen bedeckt. An der Bildung dieser schleimig-flutenden Massen sind mehrere Arten der chlorophylllosen Wasser-Algen und -Pilze beteiligt, die Gruppe der „Schwefelbakterien“, die Cladotricheen und die Saprolegniaceen, zugleich mit zahllosen niedersten Wassertieren.

Die „schwefelführenden Organismen“ sind vor allen anderen dadurch ausgezeichnet, daß sie in ihrem Protoplasma runde, ölartig aussehende Tröpfchen oder Körnchen enthalten, welche aus halb-

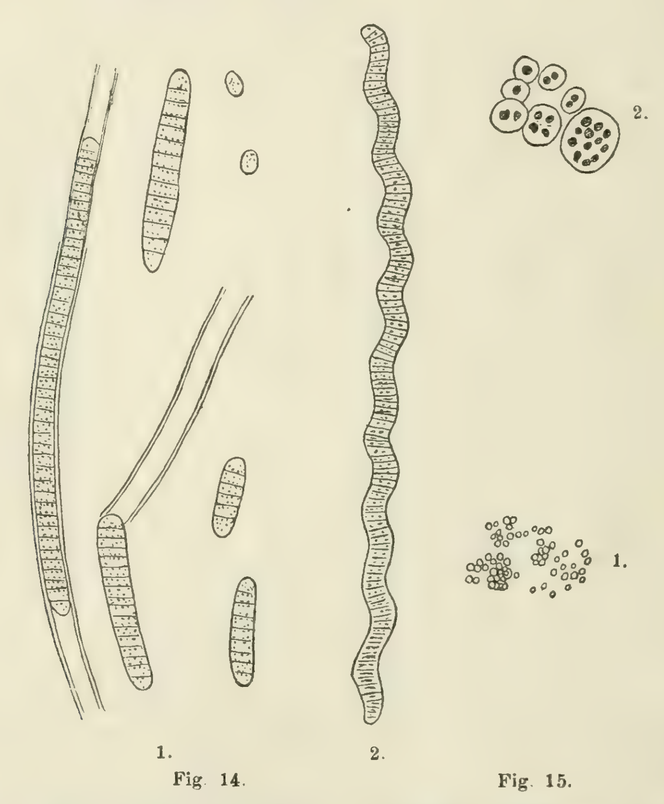



Fig. 14 (nach Schenck) 500 mal. 1. Oscillaria membranacea, 2. Spirulina Jenneri Kg.
Fig. 15 (nach Schenck) 500 mal. 1. Chroococcus spec, 2. Gloeocapsa spec.

flüssigem oder weichem Schwefel bestehen. Sie können ohne den Schwefel, welchen sie in ihren Zellen aufspeichern, nicht leben. Den Schwefel können sie nach Winogradsky nur durch Oxydation von Schwefelwasserstoff beziehen, welch' letzterer für ihr Fortkommen mithin unentbehrlich ist. Den Schwefel oxydieren sie weiter zu Schwefelsäure und scheiden diese in Form eines schwefelsauren Salzes (hauptsächlich Gips) aus ihren Zellen aus. Ihr Hauptfundort sind die Schwefelquellen, außer-

dem aber alle Wässer, in welchen reichliche Mengen von Sulfaten vorhanden sind, die durch andere Organismen unter $H_2S$-Abscheidung zersetzt werden. Nach den Untersuchungen von Petri, Rubner und Stagnitta ist dies Schwefelwasserstoffbildungsvermögen überaus weit unter den Bakterien verbreitet. Ueberall, wo pflanzlicher und tierischer Detritus im Wasser angehäuft ist, wird es daher zur Bildung von $H_2S$ und zur massenhaften Entwickelung der Beggiatoen kommen, in salzigen sowohl wie auch in süßen Wässern.

Eine Reihe dieser Schwefelorganismen ist durch einen roten Farbstoff — das Bakteriopurpurin — rot gefärbt.

Zopf betrachtet die sämtlichen Schwefel enthaltenden Organismen als hineingehörig in den Entwickelungsgang zweier Beggiatoen — der Beggiatoa alba und roseopersicina.

Cohn und in Uebereinstimmung mit ihm Winogradsky sind der Ansicht, daß die Schwefelorganismen einer großen Zahl von verschiedenen Arten angehören, welche dieselben Wachstumsbedingungen haben und sich daher stets gleichzeitig nebeneinander entwickeln. Das Nebeneinandervorkommen beweise aber nicht eine genetische Zusammengehörigkeit, wie Zopf angenommen habe. Im Gegenteil, die kontinuierliche Beobachtung der einzelnen isolierten Formen habe stets die Konstanz der Entwickelung derselben Formen ergeben.

Winogradsky[3] rechnet zur Gattung Beggiatoa ausschließlich farblose, scheidenlose, immer freibewegliche, nie am Substrat befestigte Fäden sehr verschiedener Dicke, welche gleichmäßig interkalar wachsen und keinen Gegensatz zwischen Basis und Spitze zeigen. Die Beggiatoen besitzen demnach nur eine Wuchsform, die der Gleitbewegungen ausführenden Fäden (Fig. 16). Nach Zopf[4] zeigen die Beggiotoenfäden einen Gegensatz von Basis und Spitze. Ihre Vermehrung soll geschehen durch Fragmentierung der Fäden oder durch Teilung der Fadenglieder in isodiametrische Stücke und weiter in niedrige Scheiben, welche dann wiederum durch abwechselnde senkrechte und quere Teilung in 4 rundliche Gebilde zerfallen, „Kokken", wie sie Zopf genannt hat. Diese Kokken sollen in einen Schwärmzustand übergehen und auch durch fortgesetzte Zweiteilung sich vermehren und kleinere oder größere Zooglöenhäufchen bilden können. Unter Umständen sollen die „Kokken" zu stäbchen- oder vibrionenartigen Gebilden auswachsen, welche dann gleichfalls ein Schwärmstadium eingehen können — die Ophidomonas der Autoren (Fig. 17).

Diese Zopf'sche Darstellung ist von Winogradsky auf Grund von Kulturen unter kontinuierlicher Beobachtung für vollkommen falsch erklärt worden. Er trennt vielmehr die unbeweglichen, mit einer zarten Scheide versehenen, einen deutlichen Gegensatz von Basis und Spitze zeigenden, durch Gallertpolster an festen Gegenständen befestigten, dicht mit Schwefelkörnern gefüllten Formen als besondere Art, Thiothrix, ab (Fig. 18). Die Reproduktion derselben erfolgt durch Stäbchengonidien, welche auf festen Gegenständen sich langsam kriechend bewegen, nach längerer Bewegungsdauer sich festsetzen und zu Fäden auswachsen.

Die pfirsichblütfarbene Ueberzüge bildende, an Vielgestaltigkeit die Beggiatoa alba noch weit übertreffende Beggiatoa roseopersicina Zopf's ist nach den Beobachtungen Winogradsky's in wenigstens 8 Gattungen mit etwa 15 Arten zu trennen.

Die Cladothrix dichotoma, welche häufig zusammen mit

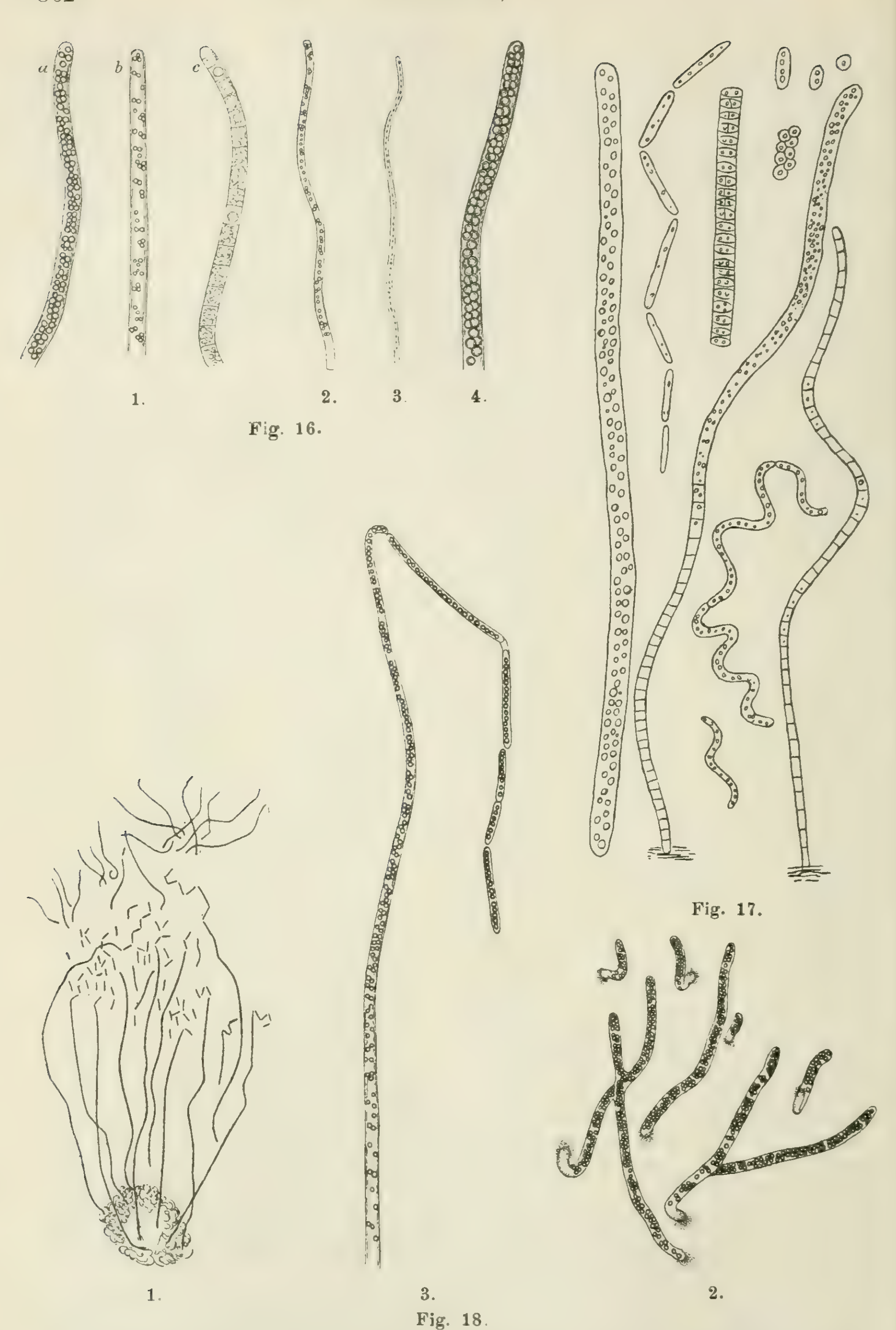



Fig. 16.

Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 16 (nach Winogradsky). 1. Teil eines Fadens von Beggiatoa alba, *a* in $H_2S$ reicher Flüssigkeit, *b* nach 24 stündigem Verbleiben in $H_2S$ freier Flüssigkeit, *c* nach weiteren 48 Stunden in $H_2S$ freier Flüssikkeit; die Aufsenwände sind deutlich sichtbar, der Inhalt der Zellen mit grofsen Vakuolen durchsetzt, in einigen Zellen eigentümliche Ballungen.

2. Teil eines Fadens von Beggiatoa media. 3. Teil eines Fadens von Beggiatoa minima. 4. Vergr. 1000/1. Teil eines Fadens von Beggiatoa alba mit gleichgrofsen, regelmäfsig gelagerten Schwefelkörnern überfüllt.

Fig. 17. Beggiatoa alba in verschiedenen Entwickelungsstadien nach Zopf.

Fig. 18. Thiothrix (nach Winogradsky). 1. Vergr. 100/1. Ein Thiothrix-Räschen mit vielen abgegliederten, z. T. schon festsitzenden Stäbchen ringsum. 2. Gruppe von jungen Fäden von Thiothrix nivea, auf dem Glase sitzend. 3. Alter Faden von Thiothrix nivea mit vorgeschrittener Stäbchengonidienbildung.

den Beggiatoen vorkommt, in den meisten Oberflächenwässern in Form feiner, schwimmender Flöckchen auftritt, besteht aus zarten, eine deutliche Scheide tragenden Fäden mit Pseudoverzweigungen. Der Entwickelungsgang der Cladothrix ist nach Zopf der gleiche wie der der Beggiatoen (Fig. 19). Winogradsky hat zwar auch die Gliederung der Stäbchen in 4—5 runde, gemeinsam aus der Scheide entleerte Körperchen beobachtet, niemals aber, ebensowenig wie Kurth, eine Vermehrung der entleerten Kokken und Zooglöenbildung. Auch die Abgliederung echter Spirillen von Spiralfäden der Cladothrix ist von Winogradsky nicht bestätigt worden. Die durch Eisenoxydhydrat braun gefärbten Fäden einer farblosen Alge, welche nicht selten in Wässern vorkommt, von Kützing als Leptothrix ochracea beschrieben, gehören nach Zopf zur Cladothrix, sind aber von Winogradsky wieder als selbständige Art anerkannt.

Wesentlich verschieden von dieser Form ist die Crenothrix polyspora, das Brunnenhaar, welches in eisen-

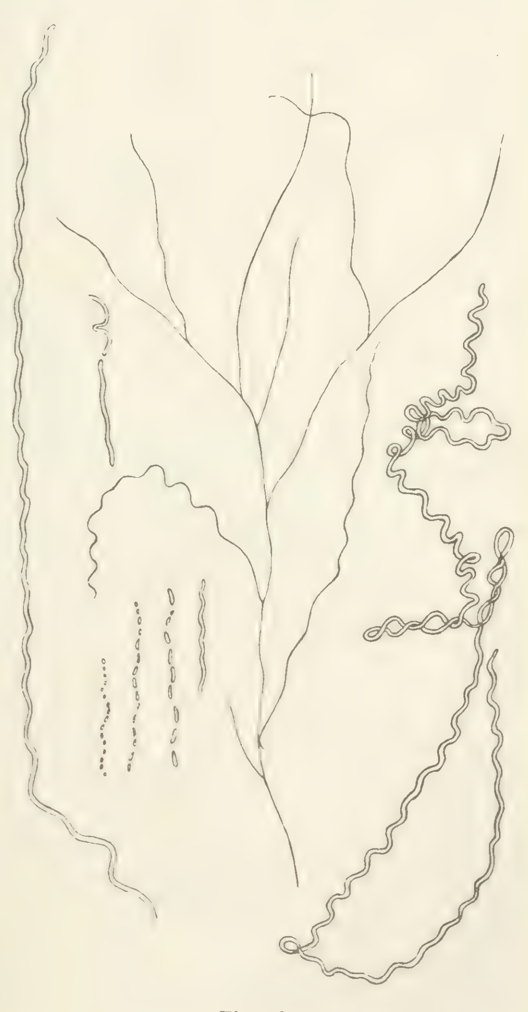


Fig. 19.

Fig. 19. Cladothrix dichotoma nach Zopf. In der Mitte: Verzweigte Pflanze schwach vergröfsert, Zweige z. T. vibrionenartig, z. T. spirillenartig. Links: Zweigstücke an einem Ende spirillenartig, am anderen vibrionenartig. Rechts: Sehr langer, spirochätenartiger Zweig. Links unten: Spirochätenform in Langstäbchen, Kurzstäbchen und Kokken gegliedert.

haltigen Wässern einen massigen, braunen Schlamm liefert. Auf die von Cohn und Zopf gelieferte Charakteristik dieses Organismus werden wir später noch näher eingehen (s. Kap. XII).

Von den Wasserpilzen haben eine größere Bedeutung die Saprolegniaceen. Sie kommen nur in stark mit organischen Substanzen verunreinigten Wässern vor, einige von ihnen sind als Schädlinge von Fischen und Krebsen erkannt worden (Saprolegnia ferax). Die Saprolegniaceen gehören zu den Oomyceten, den eibildenden Algenpilzen. Zopf giebt folgende Darstellung ihres Entwickelungsganges. Das Mycel entwickelt sich bei den Oomyceten in der Form großer, reich verzweigter, weitlumiger Fäden. Die „Eier" entwickeln sich in Oosporangien oder Oogonien (weiblichen Organen) unter eventueller Mitwirkung von Antheridien (männlichen Organen). Die Membran der Oosporangien ist derb und vielfach mit verdünnten Stellen (Poren) versehen. Die Antheridien entstehen an den Enden dünner Fäden (Nebenäste genannt) als Endzellen derselben. Das Antheridium legt sich an das Oogon an und treibt eine dünne Aussackung (Befruchtungsschlauch) in das Oogon hinein. Nach der Entleerung des Antheridieninhaltes umgeben sich die Eier mit einer derben Haut und werden zur Oospore. Die Spore einer Saprolegniacee keimt auf dem Substrat, auf welchem sie sich angesiedelt, z. B. auf dem Körper einer Fliege, und entwickelt im Innern desselben ein reich verzweigtes Mycelsystem, aus welchem dann dicke Hauptschläuche, nach allen Seiten hin ausstrahlend, in das Wasser entsandt werden. An diesen bilden sich Zoosporangien aus, aus welchen die Zoosporen austreten. Diese schwärmen, kommen zur Ruhe, encystieren sich und schwärmen dann zum zweiten Male. Sie werden daher von de Bary als diplanetisch (zweimal schwärmend) bezeichnet. Sobald die Endsporangien entleert sind, wächst der Schlauch in den entleerten Behälter hinein und bildet wiederum ein Endsporangium. Solche „Durchwachsungen" können sich öfter wiederholen, s. Fig. 20. Eine Befruchtung der in den Oogonien gebildeten Sporen scheint nicht stattzufinden.

Zu den Oomyceten gehört auch der Leptomitus lacteus, welcher im Wasser ähnlich wie die Beggiatoen flutende, schmutzigweiße, büschelige Rasen bildet. Er besteht aus einzelligen, gabelig verzweigten, in ziemlich regelmäßigen Abständen eingeschnürten Fäden mit körnigem Protoplasma. Jedes Glied des Fadens enthält ein oder mehrere durch ihre Größe auffallende Körnchen, sog. Cellulinkörner, welche bei Verletzungen der Fäden in den Einschnürungen hängen bleiben und die Oeffnung verschließen (Fig. 21).

Von sonstigen Pilzen ist noch zu erwähnen das Selenosporium aquaeductuum, der Moschuspilz, welcher ausgezeichnet ist durch seine sichelförmigen Doppelsporen und bisweilen sich massenhaft entwickelt.

Sehr häufig enthalten die Wässer Sporen der verschiedensten Schimmelpilze, an ruhenden Stellen auch Mycelausbreitungen derselben; nur da, wo die Mycelien an die Oberfläche zur Luft gelangen, sind diese imstande zu fruktifizieren.

Auch an Sproßpilzen fehlt es im Wasser nicht. Sie haben nur eine untergeordnete hygienische Bedeutung. Für Brauereien ist ihr Vorkommen in den Brauwässern von Wichtigkeit.

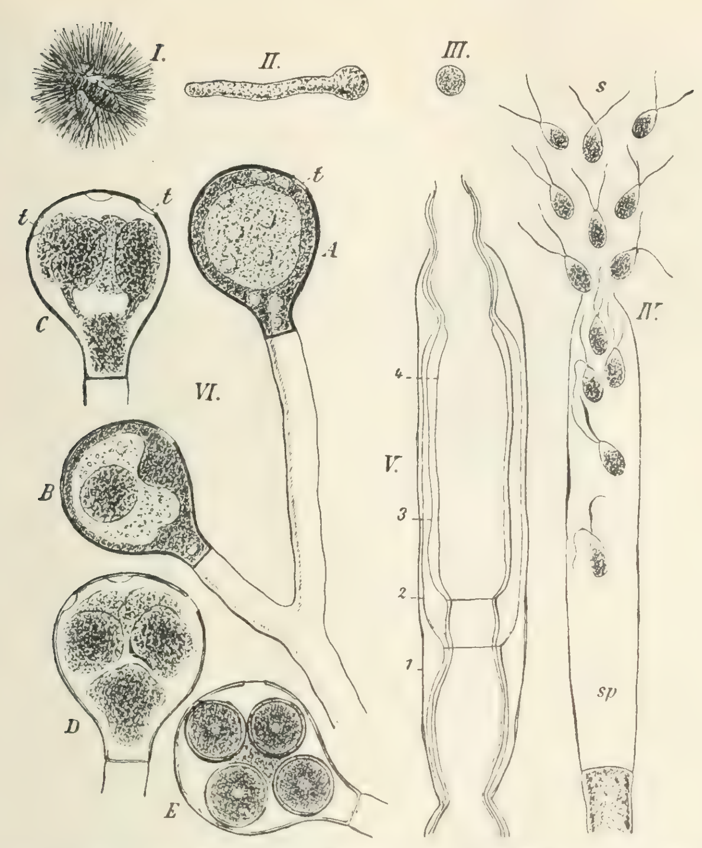



Fig. 20. Saprolegnia Thuretii de Bary aus Zopf: die Pilze, Breslau 1890, S. 297. I. ein Rasen des Pilzes aus einer Fliege hervorbrechend, II und III in der Auskeimung begriffene Schwärmer, IV Schwärmsporangium *sp* mit seinen Schwärmern, von denen der gröfsere Teil schon hinweggeeilt ist, V entleertes Schwärmsporangium, in welches der Tragschlauch wiederholt hineingewachsen ist, um neue Sporangien zu bilden. Die ineinandergeschachtelten Häute desselben sind in ihrer Aufeinanderfolge durch die Zahlen 1—4 bezeichnet, VI antheridienlose Oosporangien in ihren verschiedenen, durch die Buchstaben *A*—*E* bezeichneten Stadien der Ausbildung, *t* Tüpfel, *A* das Plasma ist wandständig geworden, *B* die Ballung der Eier beginnt, *C* die Eier beginnen sich zu trennen, *D* die Trennung ist erfolgt, Hautbildung noch nicht vorhanden, *E* die Oosporen sind fertig. Alle Figuren ca. 300 fach, VI nach de Bary.

An Zahl und Artenreichtum überwiegen alle anderen Organismen im Wasser

## C. Die Bakterien.

Sämtliche Tribus der Bakterien, die Kokken, Sarcinen, Bacillen und Vibrionen sind unter den Wasserbewohnern vertreten. Die Mehrzahl ist mit Hilfe des Gelatineplattenverfahrens isoliert und zunächst durch das Verhalten ihrer Kolonien zu der Nährgelatine charakterisiert worden.

Von Kokken wie Bacillen sind Arten beschrieben, welche durch Produktion von roten, gelben, grünen, violetten, weißen Farbstoffen ausgezeichnet sind, welche teils die Gelatine verflüssigen, teils nicht verflüssigen, welche fluorescierende Körper oder phosphorescierende

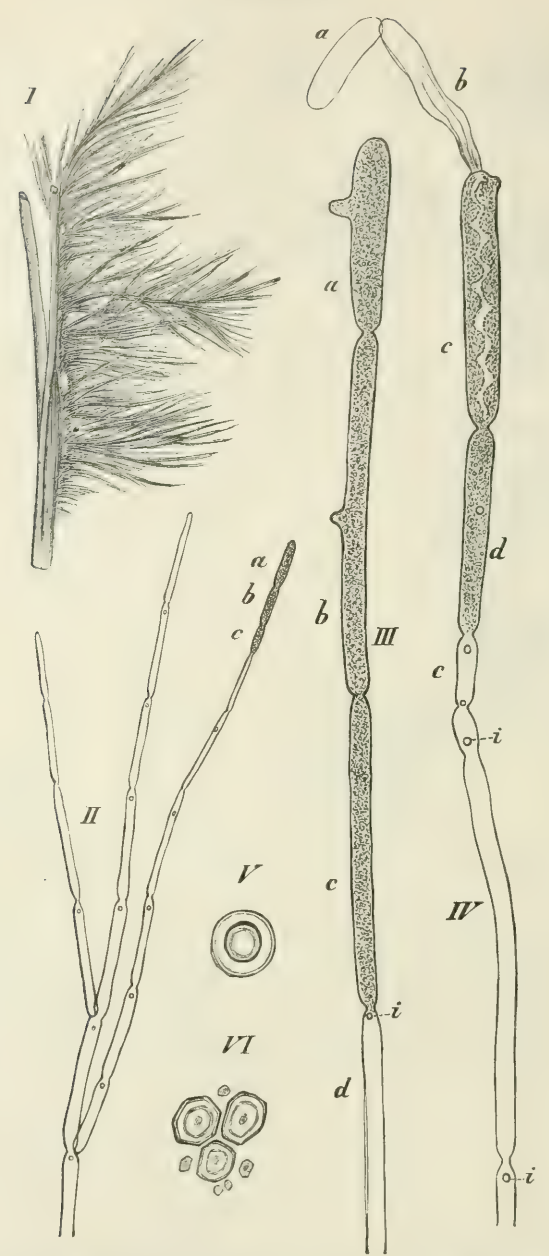



Fig. 21. Leptomitus lacteus Ag. aus W. Zopf: die Pilze, Breslau 1890, S. 104. I Schwimmendes Strohhalmfragment mit Rasen des Pilzes in natürlicher Gröſse besetzt, II 40 fach, Stück eines Zweigsystems, die Einschnürungen an den Fäden, die rundlichen Cellulinkörner und drei Sporangien zeigend, welche in der Reihenfolge *a b c* sich auszubilden im Begriff sind, III 250 fach, ein Fadenstück in seinem oberen Ende dargestellt, die durch die Einschnürungen getrennten Glieder sich nach der Reihenfolge der Buchstaben *a b c* zur Sporangienbildung anschickend, das untere *d* noch vegetativ und ein Cellulinkorn (bei *i*) zeigend, die Sporangien *a* und *b* haben eine seitliche Ausstülpung (Entleerungspapille) getrieben, IV 250 fach, ähnliches Fadenstück, die Sporangien *a* und *b* bereits entleert, *c* die Zerklüftung des Plasmas in Schwärmer zeigend, *d* noch nicht so weit entwickelt, die beiden anderen Glieder noch vegetativ, bei *i* Cellulinkörner, V und VI Cellulinkörner in verschiedener Gröſse, die groſsen mit konzentrischer Schichtung, 740 fach nach Pringsheim. Alles übrige nach der Natur.

Substanzen erzeugen u. s. w. Die Zahl dieser Arten, welche von verschiedenen Forschern mit großer Sorgfalt gesammelt und näher beschrieben sind, ist im Laufe der Zeit eine recht beträchtliche geworden. Es ist dies auch ganz selbstverständlich. Alles, was an Bakterien auf der Erdoberfläche vorkommt, die Bakterien des Bodens, die Bakterien der verschiedensten Gärungen und Zersetzungen werden gelegentlich in Tagewässern aufgeschwemmt, in die Oberflächenwässer gelangen können. Die eingehenden Studien über die Biologie bestimmter pathogener Keime, namentlich aber das Bestreben, dieselben außerhalb des Organismus in der Umgebung des Menschen, vor allem auch im Wasser aufzufinden, hat dazu gedient, unsere Kenntnisse der Bakterienflora der Wässer wesentlich zu erweitern. Bei den Versuchen, bestimmte, scharf charakterisierte pathogene Bakterien im Wasser aufzufinden, stellte es sich heraus, daß zahlreiche, den spezifischen pathogenen morphologisch wie biologisch ähnliche Arten in den Wässern häufig vorhanden sind.

Bei dem Studium der Cholerabakterien wurden z. B. mehrere Dutzend Arten von ihnen ähnlichen Vibrionen aus verschiedenen Wässern isoliert, beim Studium der Typhusbacillen außer dem vulgärsten Darmbacterium — dem Bacterium coli — zahlreiche diesen beiden Organismen ähnliche Arten in den Wässern nachgewiesen. Auch für die pathogenen Staphylokokken und Streptokokken fehlte es nicht an Verwandten im Wasser.

Besonders studiert sind auch die Erreger der typischen Eiweißfäulnis, die durch das Auftreten von schwärmenden oder korkzieherartigen oder schnörkeligen Kolonien ausgezeichneten Proteus-Arten, weil man auf deren Vorkommen in einem Wasser einen besonderen Wert als Zeichen einer stattgehabten Verunreinigung mit Fäulnisstoffen legen zu müssen geglaubt hatte.

Aus demselben Grunde gewannen alle im Darm von Menschen und Tieren, sowie an der Erdoberfläche vorkommenden Bakterienarten: Bacterium lactis aërogenes, der Kartoffelbacillus, der wurzelförmige Bacillus, der Bac. megatherium, der Heubacillus u. a. ein höheres Interesse, weil man aus deren Vorkommen in einem Wasser auf eine stattgehabte Verunreinigung schließen zu können glaubte.

Da durch Zuflüsse aller Art und aus der Luft alle möglichen Bakterien in die Wässer gelangen können, so hat man die Frage aufgeworfen: Giebt es denn Bakterien, welche als echte Wasserpflanzen anzusehen sind, welche sich im Wasser vermehren und ihren ganzen Entwickelungsgang im Wasser vollenden?

Durch überaus zahlreiche Untersuchungen ist konstatiert worden, daß in Wasserproben der verschiedensten Provenienz bei ruhigem Stehen, bei niederen sowohl wie namentlich bei höheren Temperaturen eine enorme Zunahme mancher Bakterien eintritt.

Meist sind die Arten der Bakterien, welche sich vermehrt haben, von den Autoren nicht näher studiert worden; nur wenige diesbezügliche Angaben liegen vor.

Bolton[5] fand unter 16 häufiger vorkommenden, von ihm isolierten Arten 6, und zwar 4 Mikrokokken- und 2 Bacillenarten, welche sich im Wasser lebhaft vermehrten. Mit 2 derselben, einem runde porzellanweiße, flachgewölbte Kolonien bildenden Coccus, dem er den Namen Micrococcus aquatilis beilegte, und einem die Gelatine nicht ver-

flüssigenden Bacillus, dem Bacillus erythrosporus, ausgezeichnet durch die Erzeugung einer fluorescierenden Substanz und die Bildung rötlich gefärbter Sporen, hat er Uebertragungen in destilliertes, sterilisiertes Wasser vorgenommen. Selbst bei 7-maliger Uebertragung in neues destilliertes Wasser war stets nach 3 Tagen eine Vermehrung bis zu nicht mehr zählbaren Mengen eingetreten.

Wolffhügel und Riedel[6] prüften 4 regelmäßig im Berliner Leitungswasser vorkommende Bakterien:

1) einen die Gelatine verflüssigenden, beweglichen, kurzen Bacillus, der grüne fluorescierende Kolonien hervorbringt (Bac. fluorescens liquefaciens);

2) einen die Gelatine nicht verflüssigenden beweglichen, kurzen Bacillus, der auch außerhalb der eigentlichen Kolonie Fluorescenz bewirkt (Bac. fluorescens nonliquefaciens);

3) einen die Gelatine verflüssigenden, beweglichen, kurzen Bacillus, der gelbe Kolonien bildet (Bac. ?);

4) einen die Gelatine nicht verflüssigenden, beweglichen, kurzen Bacillus, dessen Kolonien, auf der Gelatineoberfläche liegend, einen perlmutterähnlichen, matten Glanz haben (Bac. ?).

Sämtliche Arten vermehrten sich üppig in sterilisiertem Pankewasser, zum Teil auch, wenn dieses mit 90 Proz. destillierten Wassers verdünnt war.

Rosenberg[7] infizierte 2500 ccm Mainwasser, oberhalb Würzburgs entnommen, mit 1 ccm Kanalwasser und ließ diese Wasserprobe bei Zimmertemperatur stehen. Er sah zuerst die die Nährgelatine schnell verflüssigenden und die diese nicht verflüssigenden Bacillen sich rasch vermehren — dagegen nicht die Schimmelpilze, Hefen, Sarcinen und pigmentbildenden Bakterien. Nach 48 Stunden überwogen bereits drei Kokkenarten, noch mehr aber traten diese in den Vordergrund nach 14 Tagen. Da er ferner in dem oberhalb Würzburgs entnommenen d. h. nicht durch Abgänge verunreinigten Mainwasser drei Vierteile sämtlicher Kolonien aus Kokken bestehend fand, so hielt er diese für die eigentlichen Flußbakterien. 2 Arten, die eine gebliche Kolonien, die andere anfangs beinahe wasserklare Tröpfchen, später weißgraue Scheiben bildend, beide die Gelatine nicht verflüssigend, kamen weitaus am häufigsten vor. Diese beiden überwucherten auch in dem mit Kanalwasser infizierten Mainwasser die übrigen Keime. Als er die aus dem Wasser isolierten Arten in sterilisiertes Mainwasser brachte, vermehrten sich alle Arten in demselben, auch in keimfreiem, destilliertem Wasser wuchsen alle bis auf 3 Bakterienarten fort.

Gärtner[8] sah in sterilisiertem Berliner Leitungswasser 4 aus demselben isolierte Bakterienarten: einen roten Bacillus, einen weißen Coccus, einen grünen fluorescierenden und einen grünen nicht fluorescierenden Bacillus bei 5—20° C sich stark vermehren.

Ob man berechtigt ist, die in natürlichen Wässern ohne Zusatz von Nährsubstanzen oder die in destilliertem Wasser sich vermehrenden Organismen als echte Wasserbakterien von den übrigen im Wasser vorkommenden Arten abzutrennen, erscheint vorderhand noch fraglich. In manchen sterilisierten Wässern wachsen sogar, wie wir später sehen werden, einige pathogene Bakterien, die doch gewiß nicht zu den echten Wasserbewohnern zu rechnen sind. Jedenfalls wird die Zahl der Arten, welche in den Wässern zu wachsen vermögen, eine sehr verschiedene sein je nach der chemischen Zusammensetzung des Wassers.

Wir sehen davon ab, die verschiedenen im Wasser gefundenen

Bakterienarten alle einzeln aufzuführen und zu beschreiben, da in einer Reihe von Spezialwerken bereits die systematische Bearbeitung derselben vorgenommen ist. Da der Schwerpunkt der hygienisch-biologischen Betrachtung des Wassers darin ruht, diejenigen Arten näher kennen zu lernen, welche, mit dem Wasser aufgenommen, Menschen oder Tieren nachteilig werden können, so werden wir uns angelegen sein lassen, das Vorkommen bez. Hineingelangen der krankheitserregenden Organismen in das Wasser, das Verhalten derselben im Wasser, die Fernhaltung und Beseitigung derselben aus dem Wasser zum Hauptgegenstande unserer Betrachtung zu machen.

Bevor wir uns jedoch der Erörterung dieser Fragen zuwenden, wollen wir uns zunächst mit den Methoden, mit Hilfe welcher das Wasser biologisch untersucht wird, vertraut machen.

1) **A. Celli** *und* **R. Fiocca**, *Beiträge zur Amöbenforschung, C. f. B.* (1894) 15. *Bd.* 470; **A. Celli** *und* **R. Fiocca**, *Zweite vorläufige Mitteilung, Ueber die Klassifikation der Amöben und einige gezüchtete Spezies, C. f. B.* (1894) 16. *Bd.* 329.
2) **Lindner**, *Beitrag zur Kenntnis parasitischer Vorticellen, Deutsche med. Zeitung* (1893) *No.* 2, *ref. im C. f. B.* (1894) 15. *Bd.* 84.
3) **S. Winogradsky**, *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien,* 1. *Heft: Zur Morphologie und Physiologie der Schwefelbakterien, Leipzig* 1888.
4) **W. Zopf**, *Die Spaltpilze, Breslau* 1883. — *Die Pilze, Breslau* 1890.
5) **Meade Bolton**, *Ueber das Verhalten verschiedener Bakterienarten im Trinkwasser, Z. f. H.* (1886) 1. *Bd.* 76.
6) **Wolffhügel** *und* **Riedel**, *Die Vermehrung der Bakterien im Wasser, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt* (1886) 1. *Bd.* 455.
7) **Bernhard Rosenberg**, *Ueber die Bakterien des Mainwassers, A. f. H.* (1886) 5. *Bd.* 446.
8) **Tiemann** *und* **Gärtner**, *Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers, Braunschweig* 1889, 481; 4. *Aufl.* (1895) 527.

---

# IV. Die Methoden zur Untersuchung der Wasserorganismen.

## **Die Entnahme der Wasserproben** (vgl. auch S. 509).

Für die biologische Untersuchung müssen die Wasserproben in sterilen Gefäßen aufgefangen bez. geschöpft werden derart, daß eine Verunreinigung während der Entnahme ausgeschlossen ist. Am besten wählt man durchsichtige Glasgefäße, Medizinflaschen oder Erlenmeyer'sche Kolben, welche durch halbstündiges Erhitzen im Trockenschrank auf 150° C. keimfrei gemacht sind. Als Verschluß dienen eingeschliffene Glasstöpsel (Hueppe[1]), Wattepfropfen mit darüber gezogener Gummikappe, im strömenden Dampf von 100° C. sterilisierte Gummipfropfen oder auch mit kochendem Paraffin imprägnierte Korke. Ist es nicht angängig, das Glasgefäß durch Erhitzen keimfrei zu machen, so kann man dasselbe mit 1 Promille Sublimatlösung füllen, nach halbstündigem Stehenlassen diese ausgießen und mit Alkohol nachspülen. Es ist dann unbedingt notwendig, das Gefäß bei der Entnahme mindestens viermal mit dem zu untersuchenden Wasser anzufüllen, um jede Spur von Sublimat zu entfernen.

Das Quantum des für die biologische Untersuchung benötigten Wassers ist nicht zu klein zu bemessen. Für die bakteriologische Untersuchung genügen meist nur wenige, in manchen Fällen aber werden auch für diese mehrere hundert Kubikcentimeter benötigt. Nur ein größeres Wasserquantum gestattet auch die Beobachtung gewisser suspendierter Bestandteile, namentlich vereinzelter kleinster, mit dem unbewaffneten Auge gerade noch erkennbarer Lebewesen. In der Regel dürfte es sich empfehlen, auch für die biologische Untersuchung ein größeres Quantum (500—1000 ccm) zu entnehmen.

Die Entnahme der Wasserproben aus Quellen, Pumpbrunnen und offenen Wässern macht keine Schwierigkeiten. Man hat nur nötig, unter den laufenden Strahl das Gefäß zu halten oder dasselbe einzutauchen. Letzteres geschieht am besten mittels eines Eisen- oder glatten Holzstabes, an welchem das Gefäß befestigt ist. Zu beachten ist, daß man bei der Entnahme von Proben aus Wasserläufen vom Ufer aus nicht etwa das Wasser durch Aufrühren des Bodens verunreinigt.

Nach dem Vorschlage von Heim[2] kann man auch Flaschen mit gewaschenen Schroten füllen, sodaß deren Gewicht etwas größer ist als das der Wassermenge, die sie verdrängen, und an einen Bindfaden gebunden in das Wasser werfen. Bei Leitungen oder Pumpen läßt man nach sorgfältiger mechanischer Reinigung der Ausflußöffnung das Wasser in kräftigem Strahle einige Zeit, etwa 10—15 Minuten, ausströmen, ehe man das Aufnahmegefäß füllt.

Will man Proben aus bestimmten Wassertiefen entnehmen, so bedarf es besonderer Vorrichtungen, um die mit Hilfe von Gewichten in die gewünschte Tiefe hinabgelassenen Gefäße zu öffnen, damit sie sich füllen können.

Die Zahl der für diesen Zweck angegebenen Apparate ist eine nicht geringe (s. Tiemann und Gärtner)[3]. Die einfachsten Apparate, welche man sich leicht selbst herstellen kann, bestehen darin, daß man ein Kölbchen, ein Reagensglas, eine Glaskugel mit etwas Wasser beschickt, dann den Hals in der Flamme zu einer feinen Spitze auszieht und diese umbiegt. Durch Erhitzen des Wassers wird Dampf entwickelt, welcher die Luft austreibt und zugleich das Gefäß sterilisiert. Ist das Wasser bis auf einen kleinen Rest verdampft, schmilzt man die Spitze zu (Flügge, Heraeus, Miquel, Rietsch). Es entsteht dann im Innern nach Kondensieren des Dampfes ein luftleerer Raum. Bricht man die Spitze unter Wasser ab, so füllt sich das Gefäß mit der gewünschten Probe. Um aus größeren Tiefen mit einem solchen Apparat Proben zu entnehmen, muß man das mit Blei beschwerte Gefäß an einem festen Draht befestigen und außerdem eine Schnur oder einen Draht um die umgebogene Spitze schlingen. Hat man die gewünschte Tiefe erreicht, kann man durch einen kurzen Ruck an dem zweiten Drahte die Spitze abbrechen. Schwierig ist es hierbei, ein Verwickeln des Haltedrahtes mit dem zum Abbrechen der Spitze dienenden zu verhüten. Sclavo[4] befestigt deshalb die Halteschnur an dem unteren Teile des Gefäßes und läßt sie durch eine Oese der seitlich umgebogenen Spitze hindurchgehen. In der gewünschten Tiefe angelangt, läßt er ein Metallstück auf der Schnur herablaufen, welches die Oese zertrümmert. Das Gefäß dreht sich dann mit der Spitze nach unten (Fig. 22). Ein Herausfließen der Flüssig-

keit findet wegen der Kapillarität der Spitze gleichwohl nicht statt. Ein Mißstand bei diesem Verfahren ist es, daß das gefüllte Gefäß beim Heraufziehen offen bleibt.

Dieser Uebelstand wird vermieden, wenn man sich des Apparates von Johnston Wyatt[5] bedient. Wyatt befestigt eine Glasflasche in einem schweren Metallrahmen, den gut passenden Glasstopfen dieser Flasche an einem Metallteil, welcher durch zwei Gummihalter mit dem

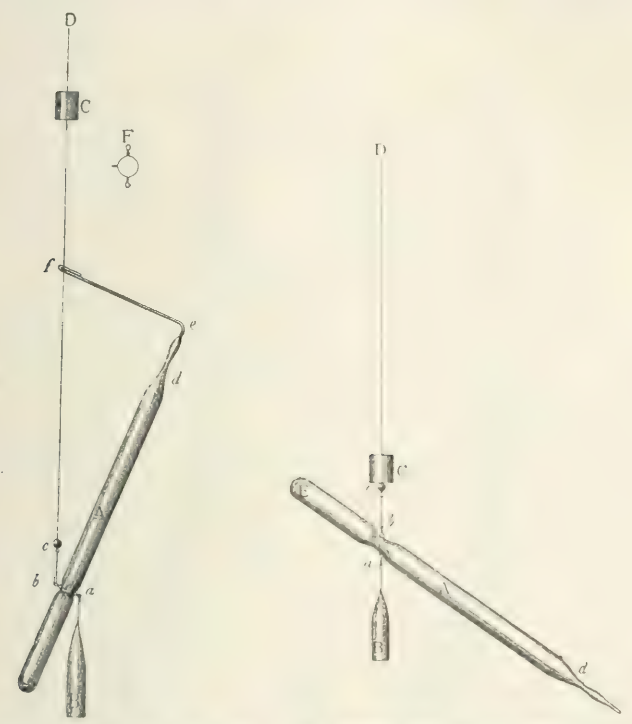



**Fig. 22. Apparat von Sclavo.** *A* **Reagenzglas,** *B* **Bleigewicht,** *C* **Laufgewicht,** *D* **Bindfaden,** *E* **Boden des Reagenzglases, an dem sich die in demselben beim Zuschmelzen verbliebene Luft ansammelt,** *F* **Eisenring mit 2 Oesen** *a* **und** *b*, *c* **Knoten,** *d* **ausgezogener Hals des Reagenzglases mit Feilstrich,** *f* **Oese der Kapillare.**

Rahmen der Flasche verbunden ist. Beim Einsinken wird der Stopfen durch die elastische Kraft der Gummihalter in die Flasche gedrückt. In der gewünschten Tiefe zieht man mittels eines Bindfadens den den Stopfen tragenden Teil in die Höhe; die Flasche füllt sich und wird beim Nachlassen des Zuges durch die Elasticität der Gummihalter wieder mit dem Stopfen verschlossen. v. Esmarch bewirkt den Verschluß des Entnahmegefäße durch einen schweren Bleistempel, welcher mit Watte umpolstert und dann mit einer Gummikappe übergezogen ist. Bei der Entnahme wird dieser Stempel in die Höhe gezogen und dann wieder herabgelassen (s. Fig. 23).

Zur Entnahme von Wasserproben aus großen Tiefen hat B. Fischer[6] auf der Plankton-Expedition einen 200 ccm fassenden Metallcylinder benutzt, in dessen Boden und Deckel gut schließende Ventile einge-

lassen waren. Beim Herabsinken des Apparates wird der Cylinder von Wasser durchströmt. Im Augenblick des Emporziehens fallen die Ventile herab und werden durch einen von einer Flügelschraube beim Herausziehen des Apparates vorgeschraubten Stift in der Verschlußlage fixiert (Fig. 24).

Zur Entnahme und Versendung von Wasserproben sind außer den angegebenen noch zahlreiche andere Vorrichtungen ersonnen. So eignen sich zur Entnahme recht gut Kölbchen oder Reagensgläschen mit seit-

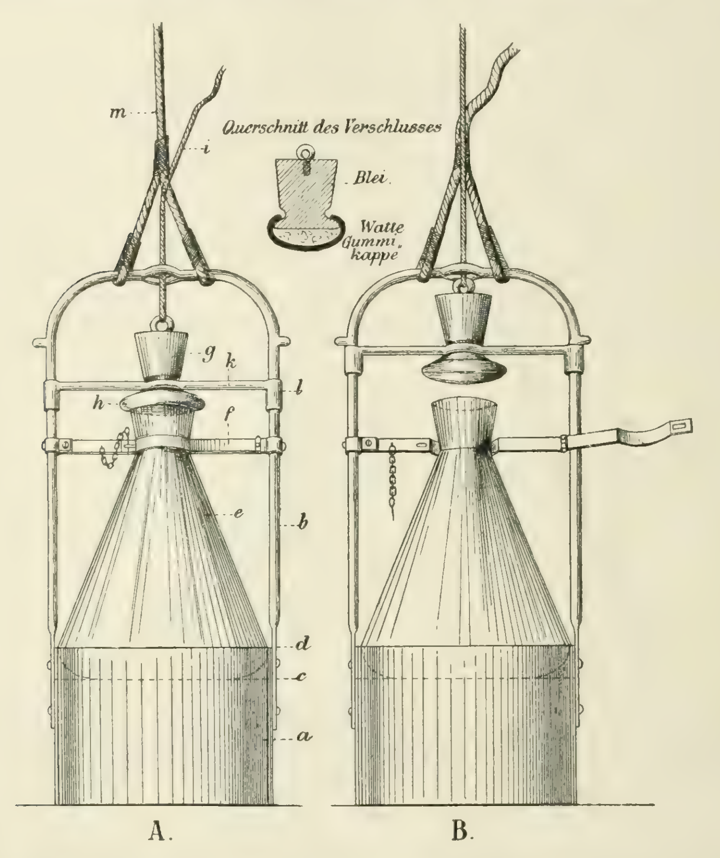



**Fig. 23.** Apparat nach von Esmarch. *a* Blechcylinder bis *c* mit Blei ausgegossen, *b* Drahtbügel, *e* Erlenmeyer'scher Kolben, *f* Klammer zum Festhalten des Kolbenhalses, *g* schwerer Bleistempel zum Verschlufs, umgeben von *h* Gummikappe mit Watte ausgepolstert, *i* Faden zum Heben und Herablassen des Verschlufsteiles, *k* starker, den Bleistempel umfassender Draht mit seitlichen Führungscylindern *l* zur Verhütung des seitlichen Verschiebens, *m* Halteleine. *A* geschlossen, *B* offen. (Z. f. H., 1895, 20. Bd. 340.)

lichem, abwärts gebogenem, zu einer feinen Spitze ausgezogenem Ansatzrohr, wie sie von Pasteur und Chamberland angegeben sind. Sie werden gefüllt durch Eintauchen der seitlichen Spitze in das zu prüfende Wasser und Saugen an der anderen Oeffnung ev. unter Zuhilfenahme eines mit dieser verbundenen Kautschukschlauches. Praktisch bewährt hat sich Kirchner[7] ein Apparat, welcher aus einem U-förmig gebogenen Glasrohr besteht, dessen beide Enden rechtwinkelig umgebogen,

zu Spitzen ausgezogen und während des Ausglühens zugeschmolzen werden. An der Entnahmestelle werden die Spitzen nochmals kurz erhitzt und dann abgebrochen. Die eine Spitze wird in das Wasser getaucht, an der anderen wird gesaugt, bis das Rohr gefüllt ist, dann werden beide Spitzen von neuem zugeschmolzen und nun der Apparat in Eis verpackt und versandt.

A. Pfuhl und Herrmann [8] verwenden ein etwa 10 cm langes Glasgefäß, welcher aus einer 2,5 cm weiten Glasröhre hergestellt wird, indem diese an dem einen Ende mit flachem Boden verschlossen und an dem anderen in eine 6—8 cm lange, nicht zu schwache, am Ende rechtwinklig umgebogene Kapillare ausgezogen wird. Während das Gefäß zur Rotgluthitze erhitzt wird, wird die Spitze zugeschmolzen. Dasselbe ist daher nahezu luftleer. Durch Kapseln von Zinkblech geschützt, können diese Gefäße nach der Füllung in Eispackung versandt werden.

Die bakteriologische Untersuchung der Wasserproben muß, wenn irgend möglich, unmittelbar nach der Entnahme vorgenommen werden. Nach den übereinstimmenden Angaben zahlreicher Forscher findet schon kurze Zeit nach der Entnahme eine Vermehrung mancher Keime statt, besonders wenn die Proben bei höheren Temperaturen gehalten werden. Gerade in keimarmen Wässern, z. B. in Tiefbrunnenwässern, ist die Vermehrung besonders reichlich, während in bakterienreichen Flußwässern eine solche häufig nicht wahrgenommen ist. Durch Verpacken der Proben in Eis kann zwar die Vermehrung hintangehalten werden, gar nicht selten aber tritt dann eine Verminderung der Keime ein. Ein Versenden von Proben trübt stets das Ergebnis der Untersuchung und ist daher nur als ein Notbehelf anzusehen, wenn aus äußeren Gründen die Untersuchung nicht sofort nach der Entnahme vorgenommen werden kann. Zur Ausführung der Untersuchungen an Ort und Stelle hat B. Proskauer die dazu notwendigen Geräte in einem leicht zu transportierenden Kasten zusammengestellt (s. Fig. 25). Derselbe wird von der Firma F. & M. Lautenschläger in Berlin ange-

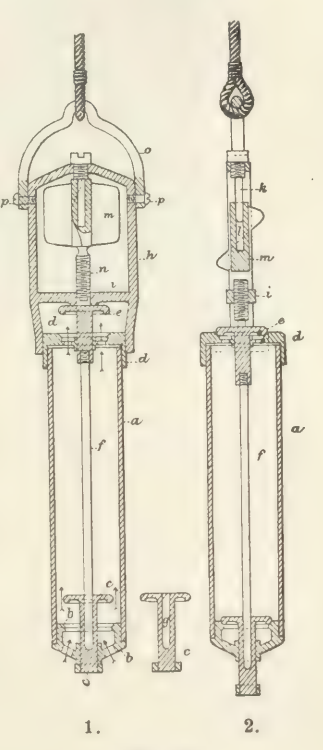


Fig. 24.

Fig. 24. Apparat von B. Fischer. *a* Messingcylinder, *b* Ventilsitz am unteren Ende, *c* Ventilkegel am unteren Ende, *d* Ventilsitz am oberen Ende, *e* Ventilkegel am oberen Ende, *f* Führungsstange, *g* Ausbohrung des unteren Ventilkegels zur Aufnahme von *f*, *h* Rahmen am oberen Ventilsitz befestigt, *i* Steg am oberen Ventilsitz befestigt, *m* Flügelschraube mit *n* Ansatz, welcher beim Herausziehen durch Drehung der Flügel gegen das Ventil *e* niedergedrückt wird, *k* Stift in die Ausbohrung *l* der Flügelschraube eingreifend, *o* Aufhängebügel, welcher um *p* Halteschrauben drehbar ist, 1. Apparat beim Herablassen, 2. Apparat beim Aufziehen.

fertigt und enthält: 12 sterile Petri'sche Doppelschalen in 2 runden Blechbüchsen, 12 Reagiergläser mit Nährgelatine, 15 sterile Wasserpipetten in 3 Röhren, 4 sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen zur Wasserentnahme, 1 Thermometer, 1 transportable Spirituslampe, 1 Blechgefäß zum Erwärmen der Gelatine, 1 zusammenlegbaren Dreifuß, 1 Handtuch, 1 Notizbuch, 1 Bleistift. Das Plattengießen, sowie das Impfen der Nährgelatine mit dem zu untersuchenden Wasser wird direkt an der

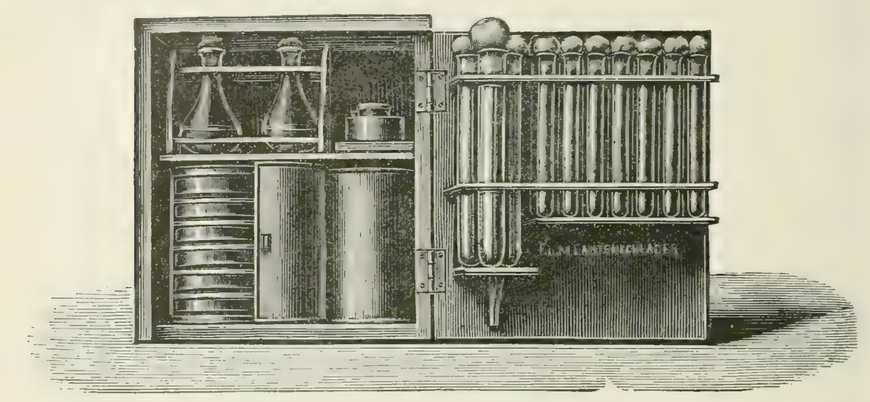


Fig. 25. Wasser-Untersuchungskasten nach B. Proskauer.

Untersuchungsstelle vorgenommen, wodurch der Transport des Wassers zum Laboratorium in Wegfall kommt. Die unvermeidlichen Erschütterungen der Wasserproben während des Transportes beeinflussen die Keimzahl nicht wesentlich. Schädigend wirken sie bei ihrer geringen Intensität sicher nicht, weit eher dürften sie, nach den Erfahrungen mehrerer Forscher, die Entwickelung mancher Arten begünstigen.

## Die Untersuchung der Wasserproben.

Die Untersuchung der Wasserproben geschieht makroskopisch, mikroskopisch und biologisch.

Bei der makroskopischen Betrachtung verfährt man am besten so, daß man das Gefäß mit Wasser gegen eine etwa in einem Winkel von 45° zu dem Boden des Gefäßes gehaltene schwarze Glasplatte bebetrachtet. Man erkennt bei dieser Betrachtungsweise kleine, durch das von der Glasplatte reflektierte Licht grell beleuchtete suspendierte Bestandteile, kleinste Lebewesen, Fäserchen, Flöckchen u. dgl. mit großer Leichtigkeit.

Für die mikroskopische Untersuchung entnimmt man, nachdem die Probe gehörig durchgeschüttel, mit einer Platinöse von etwa 1 mm Durchmesser Tröpfchen, bringt diese auf sorgfältig rein geputzte Deckgläschen und untersucht sie teils im hohlgeschliffenen Objektträger, teils nach Verdunsten des Wassers ungefärbt und gefärbt. Für die Färbung wird das Deckgläschen, wie üblich, dreimal durch die Flamme eines Bunsenbrenners gezogen, um die Schicht zu fixieren, dann wird es mit der Klemmpinzette nach Cornet gefaßt, mit Farbstofflösung, am besten alkalischer Methylenblaulösung bedeckt, leicht erwärmt, abgespült und in Wasser untersucht. Die alkalische Methylenblaulösung

wird hergestellt durch Vermischen von 30 ccm konzentrierter alkoholischer Methylenblaulösung mit 100 ccm Kalilauge 1:10000 (= 1 ccm 1-proz. Kalilauge auf 100 ccm Wasser).

Empfehlenswert ist es, die Wasserprobe einige Stunden in einem Spitzglase absetzen zu lassen und dann mit einer Pipette von dem Satz zur Untersuchung zu entnehmen oder aber die Wasserprobe durch ein Filter zu filtrieren, in dessen Spitze man einen kleinen Platinkegel eingesetzt hat In dem Platinkegel findet man dann die Hauptmenge der suspendierten Bestandteile vereinigt. Auch durch Centrifugieren läßt sich ein brauchbares Material für die mikroskopische Untersuchung gewinnen.

Bei der mikroskopischen Untersuchung findet man niederste Tier- und Pflanzenformen, Infusorien, Algen, Bakterien, ferner allerlei anorganischen und organischen Detritus, Kohle-, Quarz-, Thon-, Eisenteilchen neben unbestimmbaren Massen, Pflanzenteile verschiedener Art — Epidermisfetzchen, Pollenkörner, Stärkezellen, Fasern von Leinen, Baumwolle u. s. w., sowie auch Teile von niederen und höheren Tieren, Epidermisschuppen, Haare, Muskelfasern mit und ohne Querstreifung, schollig degeneriert, gelblich gefärbt, unter Umständen auch Eier von Eingeweidewürmern u. a. m.

Bei der Untersuchung im hängenden Tropfen nehmen wir Bewegungserscheinungen wahr von niedersten Tieren, sowie auch von Bakterien, besonders am Rande des Tropfens, an welchem sich wegen der Dünne der Flüssigkeitsskeitsschicht daselbst die einzelnen Individuen am besten beobachten lassen.

Es empfiehlt sich stets, mit schwachen Trockensystemen AA Zeiß, 3 Leitz, Ocular III und dann erst mit stärkeren, DD od 7, und mit Oelimmersion zu untersuchen.

## Die biologische Untersuchung der Keime.

Die wichtigste Aufgabe der biologischen Wasseruntersuchung vom hygienischen Standpunkte aus ist der Nachweis bestimmter pathogener Keime in verdächtigen Wässern. Fast für jeden Keim haben sich ganz spezielle Methoden des Nachweises herausgebildet, welche wir bei der Besprechung der einzelnen im Wasser vorkommenden Krankheitserreger abhandeln werden.

Sehr häufig ist der Bakteriologe aber auch in der Lage, nicht eine bestimmte pathogene Keimart nachzuweisen, sondern sich im allgemeinen über die in einer Wasserprobe enthaltenen entwickelungsfähigen Keime zu vergewissern.

Für diesen Zweck hat Miquel eine Methode ausgearbeitet, welche von Fol und Dunant noch verbessert worden ist. Das Prinzip derselben besteht darin, daß ein aliquoter Teil, je $^1/_{100}$ oder $^1/_{1000}$ ccm des zu untersuchenden Wassers in eine größere Zahl, 20—50 Kölbchen mit sterilisierter Bouillon übertragen wird. Um diese kleinen Quantitäten abmessen zu können, muß das zu untersuchende Wasser mit sterilisiertem Wasser verdünnt werden. Die Kölbchen werden bei 35° gehalten und längere Zeit beobachtet, ob in ihnen oder in einem Teil von ihnen Trübung eintritt. Waren 50 Kölbchen mit je $^1/_{1000}$ ccm Wasser beschickt und haben sich nach 2—4 Wochen 30 davon getrübt, so sind

in 50 mal $^1/_{1000}$ ccm = 0,05 ccm Wasser 30 Keime enthalten gewesen, vorausgesetzt, daß die Trübung in jedem Kölbchen einem einzigen Keime ihre Entstehung verdankt; waren alle getrübt, so muß mit jedem $^1/_{1000}$ ccm mindestens ein Keim in jedes Kölbchen übertragen sein. Das zu untersuchende Wasser hat mithin mindestens 1000 Keime im ccm enthalten.

Die Methode ist außerordentlich umständlich und zeitraubend; sie verlangt ein sehr skrupulöses Arbeiten und giebt sehr häufig, wenn die Verdünnung des Wassers eine ungenügende war und alle Kölbchen getrübt wurden, nur eine Minimalzahl für den Bakteriengehalt (vergleiche die eingehende Kritik von Meade Bolton [9]). Da sie zur Zeit auch in der von Fol und Dunant verbesserten Form (s. Hueppe, Methoden der Bakterienforschung, 1891, p. 314) praktisch wenig geübt wird, können wir darauf verzichten, sämtliche Details derselben hier mitzuteilen.

Sie ist in den Hintergrund gedrängt durch das von Koch in die Wasseruntersuchungstechnik eingeführte Gelatineplatten-Verfahren, welches schneller, einfacher und zuverlässiger über Zahl und Art der in einem Wasser vorhandenen Keime Aufschluß giebt.

Die Technik desselben ist folgende: Reagenzgläschen mit 5—10 ccm Nährgelatine werden nach Verflüssigung der Gelatine im Wasserbade mit abgemessenen Mengen des zu untersuchenden Wassers, 1 ccm, $^1/_2$ ccm, $^1/_{10}$ ccm, $^1/_{20}$ ccm, $^1/_{100}$ ccm versetzt. Das Abmessen geschieht mittels feiner in $^1/_{10}$—$^1/_{50}$ ccm geteilter Pipetten. Bei sehr keimreichen Wässern empfiehlt es sich, Verdünnungen mit dem 100- oder 1000-fachen Volumen sterilisierter 0,5-proz. Kochsalzlösung oder besser noch desselben sterilisierten Wassers vorzunehmen und davon eine leicht abmeßbare Menge, 1 ccm, 0,5 ccm, 0,1 ccm auszusäen. Durch abwechselndes Heben und Senken bei gleichzeitiger Drehung der Röhrchen (nicht etwa durch Schütteln, um die Bildung schwer zu beseitigender, störender Luftblasen in der Gelatine zu vermeiden) wird das Wasser innig mit der Nährgelatine vermischt und nun der Inhalt auf sterilisierte, gut abgekühlte und genau horizontal gelagerte Glasplatten (Fig. 26) oder in Glasschälchen (von etwa 10 cm Durchmesser) ausgegossen, oder aber durch Rollen des mit einer Gummikappe versehenen, nahezu wagerecht gehaltenen Röhrchens unter dem kalten Strahle einer Wasserleitung bez. in einer Schale mit Eiswasser in möglichst gleichmäßig dicker Schicht auf der Innenfläche des Röhrchens zum Erstarren gebracht. Bei dem Erstarren werden die infolge der Durchmischung durch die ganze Masse der Gelatine verteilten Keime räumlich getrennt von einander fixiert. Jeder Keim vermehrt sich und bildet nach längerer oder kürzerer Zeit eine makroskopisch oder mikroskopisch erkennbare Kolonie. Die Kolonien werden dann gezählt, und man weiß nun, wie viel Keime in der ausgesäten Wassermenge ihre Entwickelungsfähigkeit dokumentiert haben.

Bevor man die Gelatinewassermischung auf die Platte ausgießt, glüht man den Rand des Reagenzglases unter schnellem Drehen in der Flamme eines Bunsenbrenners ab, um etwa an diesem haftende Keime zu vernichten. Mit Hilfe des abgeglühten Randes kann man die Gelatine gleichmäßig auf der Platte verteilen. Die Gelatineschicht bleibt stets etwa 1 cm von dem Rande der Glasplatte entfernt.

Die genau horizontale Lagerung der Glasplatten erzielt man mit Hilfe einer Dosenlibelle und eines mit Stellschrauben versehenen dreieckigen Statives. Damit sie gut gekühlt sind beim Aufbringen der Gelatine, legt man sie auf eine Glasplatte, welche eine mit Eiswasser ge-

füllte Schale bedeckt (Fig. 26), oder aber auf die ebene Fläche eines metallenen Behälters, welchen man mit kaltem Wasser füllt oder von solchem durchströmen läßt.

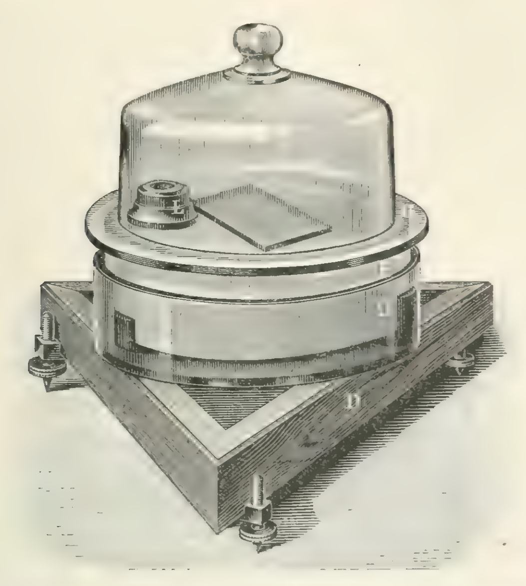


Fig. 26. *D* Dreifufs, *U* Ueberlaufgefäfs, *E* Schale mit Eiswasser gefüllt, *G* Glasplatte, *L* Dosenlibelle.

Die Zählung geschieht mit Hilfe des von Wolffhügel angegebenen Zählapparates (Fig. 27). In einem Holzrahmen liegt eine schwarze Glasplatte, auf welche die auszuzählende Gelatineplatte gelegt wird. Ueber derselben in einigen Centimetern Abstand befindet sich eiue in Quadratcentimeter eingeteilte Glasplatte, auf welche eine Lupe gestellt wird, deren Focus bis in die Gelatineplatte reicht. Man zählt die in den einzelnen Quadraten vorhandenen Keime. Ist die Zahl der Keime groß,

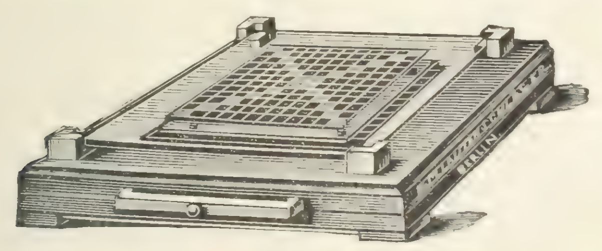


Fig. 27.

so begnügt man sich damit, nur in einer Anzahl der Quadrate (30—50) die Keime zu zählen, berechnet die Zahl für 1 qcm und multipliziert diese mit dem nach Quadratcentimetern berechneten Flächeninhalt der Gelatineplatte.

Macht schon die Auszählung eines qcm Schwierigkeiten, so benutzt man die in der Diagonale der quadrierten Platte vorhandenen Quadrate,

deren jedes durch 2 senkrechte und 2 wagerechte Linien in neun kleinere Quadrate geteilt ist, zählt die in einer Anzahl der $^1/_9$ qcm-Quadrate enthaltenen Keime, berechnet pro qcm und verfährt weiter wie vorher.

Ist die Zahl der Kolonien so groß, daß die einzelnen Kolonien mit der Lupe nicht sicher unterschieden werden können, so berechnet man die Größe eines Gesichtsfeldes bei bestimmter Tubuslänge für System 3 und Okular I mit Hilfe eines Objektivmikrometers, zählt dann eine Anzahl (ca. 50) Gesichtsfelder aus, berechnet die Durchschnittszahl für ein Gesichtsfeld und dann weiter pro qcm und für die ganze Platte. Ist die Zahl der Keime so groß, daß sie im Gesichtsfeld nicht mehr mit Sicherheit zu zählen sind, so legt man in das Okular ein quadriertes Glasplättchen, bestimmt die Größe dieser Quadrate mit Hilfe des Objektivmikrometers, zählt davon eine Anzahl (ca. 50) aus und berechnet pro qcm und weiterhin für die Platte.

Bis etwa 600 Keime kann man mit der Lupe zählen, bei höherer Keimzahl empfiehlt sich die mikroskopische Zählung. Die letztere giebt immer zuverlässigere Resultate wie die Lupenzählung, da häufig in nicht geringer Zahl mikroskopisch kleine Kolonien in den Platten vorkommen (s. auch Neißer[9]).

Da bei dem Wolffhügel'schen Zählapparate die quadrierte Platte einige Centimeter über der Gelatineplatte liegt, so ist die Parallaxe etwas störend. Mie[10] hat deshalb empfohlen, die schwarze, der Glatineplatte als Unterlage dienende Platte zu quadrieren.

Um in Petri'schen Schälchen die Zahl der Keime festzustellen, genügt es nicht etwa, nur eine Anzahl Quadratcentimeter auszuzählen, den Durchschnitt pro 1 qcm zu berechnen und diese Zahl mit der Quadratcentimeterzahl des nach der Formel $\pi r^2$ berechneten Bodenflächenraumes der Schale zu multiplizieren. Die Schalen haben keinen ebenen, sondern einen welligen Boden. Die Gelatineschicht ist daher längs des Radius der Schale bald dicker, bald dünner. Man muß deshalb immer Sektoren auszählen. Die von Petri und später von Heyroth konstruierten Zählvorrichtungen (s. Fig. 28) haben keine große Verbreitung gefunden, weil sie zu teuer, bez. nicht einfach genug sind. In neuester Zeit hat Lafar eine Zählplatte hergestellt, deren Eigentümlichkeit darin besteht, daß die Sektoren in Felder von je 1 qcm Inhalt zerlegt sind, sodaß nunmehr das Auszählen der Sektoren leichter zu bewerkstelligen ist (Fig. 29). Hat man einen Sektor von 60° ausgezählt, so ist die gefundene Zahl einfach mit 6 zu multiplizieren, um die Zahl der Keime in der ganzen Platte zu kennen.

Um die Keime in den „Rollröhrchen“ oder „Rollplatten“ bequem zählen zu können, hat v. Esmarch einen passenden Zählapparat angegeben (Fig. 30). An einem Halter befindet sich eine federnde Klemme, in welche das Reagenzglas horizontal eingeschoben wird. Ueber dem Glase ist eine nach der Höhe und Tiefe verstellbare Lupe angebracht. Zwischen Glas und Lupe kann ein der Oberfläche des Reagenzglases entsprechend gekrümmter, schwarzer Metallstreifen verschoben werden, in welchen Quadrate von verschiedener Größe, von 1, $^1/_2$, $^1/_4$ qcm, eingeschnitten sind. Mit der auf die Gelatineschicht im Reagenzglase eingestellten Lupe zählt man die Kolonien in einer Anzahl der Quadrate und berechnet den Durchschnitt pro qcm. Die Größe der Gelatineschicht findet man, indem man die Länge derselben mit dem nach der Formel $2 r \pi$ berechneten inneren Umfange des Röhrchens multipliziert. Freilich ist hierbei auf die in der Kuppe des Röhrchens angesammelte Gelatine nicht Rück-

sicht genommen. Eine ganz gleichmäßige Verteilung der Gelatine über die ganze Innenfläche gelingt beim Rotieren mit der Hand kaum. Körber[1 2], welcher eingehende Studien über die Verteilung der Bakterienkolonien in Esmarch'schen Rollröhrchen angestellt hat, ist zu dem Ergebnis gekommen, daß diese Gleichmäßigkeit nur erreicht wird, wenn

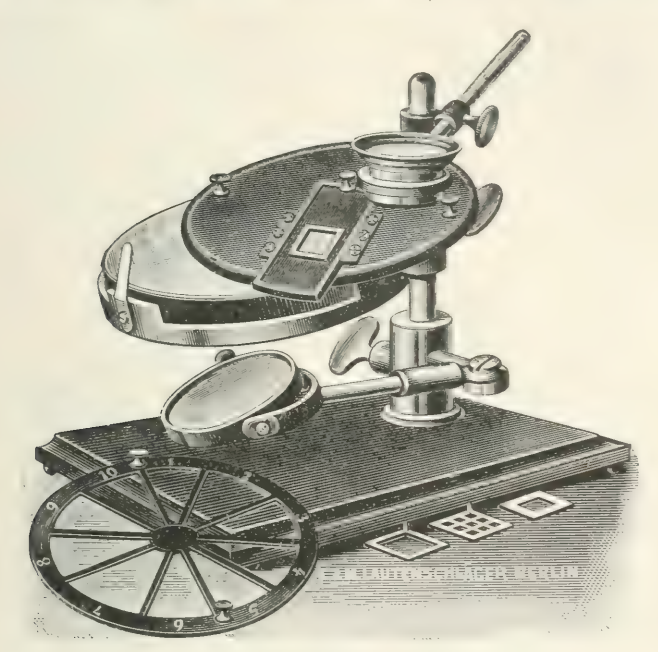


Fig. 28. Plattenzählapparat von Heyroth.

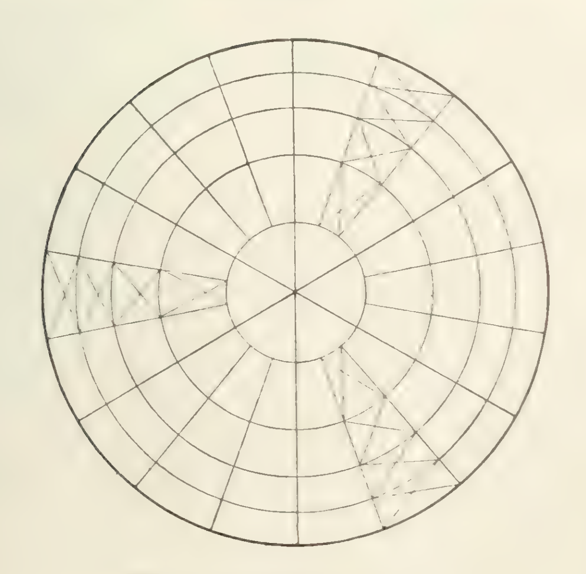


Fig. 29. Zählplatte von Lafar.

man die Röhrchen centrifugiert. Er hat für diesen Zweck einen besonderen Apparat konstruiert. Aber auch mit diesem Apparate sind die Resultate noch nicht völlig zufriedenstellende, weil die käuflichen Reagenzgläschen gewisse Fehler aufweisen, welche darin bestehen, daß der innere Durchmesser im Verlaufe des Röhrchens sich ändert, daß der Querschnitt keinen Kreis, sondern ein Oval darstellt, und daß alle Röhrchen eine Drehung um ihre Längsachse besitzen, Fehler, welche wahrscheinlich während des Zuschmelzens der Kuppe zustande gebracht werden. Bei centrifugierten Röhrchen genügt nach Körber ein Aus-

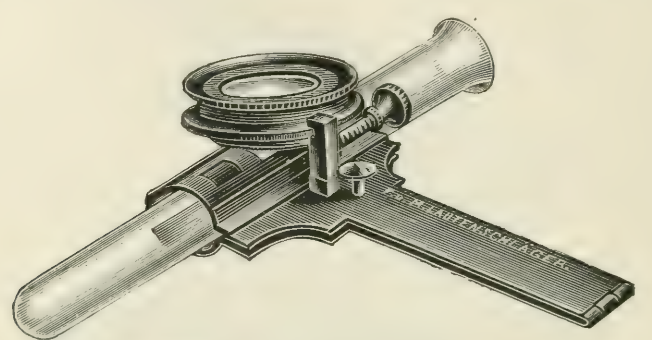


**Fig. 30. Zählapparat für Ballröhrchen nach v. Esmarch.**

zählen von 10 Proz. aller im Röhrchen vorhandenen Quadrate zur Gewinnung des richtigen Mittels. Die Quadrate müssen aber an der richtigen Stelle ausgewählt sein, bei den käuflichen Gläsern an dem Uebergangsteile des mittleren Teiles in die beiden Endteile. Nur bei Röhrchen mit kreisförmigem, überall gleich bleibendem Querschnitte, flachem Boden und steil verengtem Halse müßte die Verteilung eine ganz gleichmäßige sein, sodaß die Auszählung einer geringeren Zahl der Quadrate an beliebiger Stelle genügen würde. Solche Röhrchen sind bisher aber im Handel nicht erhältlich, man wird sich daher in der Praxis mit dem oben angegebenen, zwar nicht genaue, aber doch meist genügend genaue Resultate liefernden einfachen Zählverfahren begnügen müssen. Die Zahl der Keime wird konventionell auf 1 ccm Wasser berechnet.

Von Wichtigkeit ist der Zeitpunkt, in welchem die Zählung der Kolonien vorgenommen werden soll. Manche Kolonien entwickeln sich schnell innerhalb 24—48 Stunden bei Temperaturen um 20 ° C. herum, andere bedürfen zu ihrer Entwickelung einer längeren Zeit, 3, 4, 5 und mehr Tage. Es würde daher rationell sein, erst nach etwa 8 Tagen die Auszählung vorzunehmen. So lange kann man faktisch aber nicht warten. Eine Anzahl der in der Nährgelatine sich entwickelnden Kolonien verflüssigt dieselbe, manche sogar mit großer Schnelligkeit und in weiter Ausdehnung. Da, wo eine Verflüssigung stattgefunden hat, sind natürlich die Kolonien zerstört und nicht mehr zählbar. Manche Arten bilden auch Schwärmkolonien, welche sich über größere Bezirke verbreiten und dann plötzlich den ergriffenen Bezirk verflüssigen. Man kann daher nicht 8 Tage warten, weil sonst die Platten zerstört sein würden. Um die verflüssigenden Kolonien in ihrem Wachtum aufzuhalten, hat man empfohlen,

die verflüssigte Gelatine abzusaugen und ein Tröpfchen einer 1-proz. Sublimat- oder auch 5-proz. Kaliumpermanganatlösung an deren Stelle zu bringen. Bisweilen gelingt es, hierdurch eine längere Beobachtung der Platten zu ermöglichen, häufig aber auch nicht. Am praktischsten ist es, die Platten zu zählen 2×24 Stunden nach der Aussaat mit der Lupe und unter Zuhilfenahme des Mikroskopes. Man wird dann häufig kleinste, mit der Lupe noch nicht erkennbare Kolonien finden, welche erst in den nächsten Tagen mit Lupenvergrößerung auffindbar werden würden. Durch die mikroskopische Untersuchung antizipiert man somit gewissermaßen die Lupenzählung eines späteren Termines. Wenn es angängig ist, wird man natürlich die Zählung nach 3, 4, 5×24 Stunden wiederholen. Die späteste Zählung giebt das richtigste Resultat.

Die Technik des geschilderten Verfahrens ist eine so einfache, daß jeder Ungeübte sie nach wenigen Versuchen ziemlich sicher zu beherrschen imstande ist.

Gleichwohl aber hat die Methode, was die Zuverlässigkeit der Ergebnisse anlangt, zu überaus zahlreichen Bedenken Anlaß gegeben, welche vornehmlich durch die Verschiedenartigkeit der in den Wässern vorkommenden Bakterienarten hervorgerufen sind.

Bei weitem nicht alle Bakterienarten, welche in den Wässern vorkommen, sind echte Wasserbewohner. Viele Arten stammen aus dem Boden her, andere aus dem Darm von Menschen und Tieren, die einen haben bei niederen Temperaturen ihr Entwickelungsoptimum, andere bei höheren, die einen gedeihen bei Gegenwart geringer Mengen von Nährsubstanzen, also in stark verdünnten Nährlösungen, andere erheischen höhere Konzentrationen und komplexere Verbindungen, die einen gedeihen in neutralen Substraten am besten, andere in schwach sauren, noch andere in schwach alkalischen. Die einen gedeihen nur bei reichlichem Sauerstoffzutritt, andere nur bei strengem Abschluß von dem Sauerstoff der Luft u. s. f. Wenn wir allen Möglichkeiten in Bezug auf die Verschiedenheit der Arten gerecht werden wollten, so müßten wir dasselbe Wasser unter den verschiedensten Bedingungen in den verschiedenartigsten Substraten zur Aussaat bringen, auf jedem Substrat die Anzahl der den verschiedenen Arten entsprechenden Kolonien feststellen, die Summen der Kolonien der verschiedenen Arten addieren und auf 1 ccm berechnen, dann erst würden wir ein annähernd richtiges Urteil über die Zahl der in einer Wasserprobe enthaltenen entwickelungsfähigen Keime gewinnen, aber auch nur ein annähernd richtiges, weil es erfahrungsgemäß noch Arten giebt, welche man bisher nicht auf den gebräuchlichen Substraten zu kultivieren vermocht hat. Eine solche Untersuchung würde einen enormen Aufwand von Arbeit, Zeit und Materialien bedingen dergestalt, daß die bakteriologische Wasseruntersuchung praktisch unausführbar wäre.

Da es nun nicht angeht, die Zahl der sämtlichen in einer Wasserprobe enthaltenen entwickelungsfähigen Keime festzustellen, so hat man sich darauf beschränkt, die in neutralisierter Fleischwasserpeptongelatine bei Zimmertemperatur (18—22° C.) wachsenden Keime zu zählen, weil in dieser Gelatine erfahrungsgemäß die Mehrzahl der im Wasser beobachteten Bakterien, namentlich auch der in Frage kommenden pathogenen Bakterien zu gedeihen vermag.

Die Bereitung dieser Gelatine geschieht in der Weise, daß 1 Pfund gehackten Fleisches mit 1 Liter Wasser übergossen eine

halbe Stunde bei 40° digeriert und dann über freiem Feuer ebenso lange gekocht wird. Durch Filtration wird 1 Liter Bouillon gewonnen von saurer Reaktion. Zu dieser fügt man 1 Proz. Peptonum siccum, 0,5 Proz. Kochsalz und 10 Proz. Gelatine. Nach kurzem Kochen sind alle Substanzen gelöst. Die Reaktion ist jetzt noch stärker sauer als die der Bouillon, weil die Gelatine auch sauer reagiert. Nunmehr wird die heiße Lösung mit Natriumkarbonat versetzt, bis empfindliches blaues Lackmuspapier nicht mehr gerötet wird. Auf rotem Lackmuspapier zeigt sich dann eine deutliche Blaufärbung. Nach nochmaligem Aufkochen wird die Reaktion von neuem geprüft und, falls sie wieder schwach sauer geworden, nochmals korrigiert. Infolge des Zusatzes des Natriumkarbonats fallen die alkalischen Erden und der größte Teil der Phosphate aus. Durch Filtrieren erhält man eine klare, mosel- oder rheinweinfarbene Gelatine, welche, in sterilisierte Reagenzgläschen eingefüllt, an drei aufeinander folgenden Tagen je eine Viertelstunde im Dampfstrom sterilisiert und dann zur Wasseruntersuchung verwendet wird.

Diese Nährgelatine hat naturgemäß nicht immer die gleiche, sondern nur eine ähnliche Zusammensetzung je nach der Art und dem Zustande des verwendeten Fleisches, des Peptons und der verwendeten Gelatine. Sehr schwierig ist es, stets die gleiche Reaktion zu erhalten, ein geringes Mehr oder Weniger von Alkali verändert aber ihren Nährwert für manche Bakterienarten außerordentlich.

Reinsch[13] versetzte je 10 ccm der nach Vorschrift hergestellten, schwach alkalischen Nährgelatine mit steigenden Mengen von Natriumkarbonat und dann mit je $^1/_2$ ccm verdünnten Elbwassers. Bei Zusatz von 0,005 g $Na_2Co_3$ zu 10 ccm Gelatine entwickelten sich statt der ursprünglichen 475 Keime 1140, also fast das $2^1/_2$-fache, bei Zusatz von 0,01 g mehr als das 6-fache, 2976 Keime.

Jean Rossi[14] nahm als Basis für seine Untersuchungen über den Einfluß des Zusatzes verschiedener Quantitäten verschiedener Alkalien auf die Zahl der aus gleichen Wassermengen zur Entwickelung gelangenden Keime folgende Gelatine:

| | |
|---|---|
| Peptonum siccum (Gehe) | 20 g |
| Chlornatrium | 5 „ |
| Wasser | 1000 „ |
| Französische Gelatine (papier bleu, marque d'or) | 100 „ |

Es ist in dieser Gelatine mithin fortgelassen die Fleischbouillon, weil, wie Rossi ausführt, diese nicht nur nach der Qualität des Fleisches, sondern auch nach der seit dem Schlachten der Tiere verstrichenen Zeit eine namentlich hinsichtlich der Reaktion schwankende Zusammensetzung habe. Durch eine Reihe vergleichender Versuche fand Rossi als Optimum des Zusatzes zu seiner nicht ganz neutral reagierenden Nährgelatine:

| | |
|---|---|
| für Soda | 0,06 Proz. |
| „ Pottasche | 0,09 „ |
| „ die kaustischen Aalkalien | 0,05—0,04 Proz. |

Die besten Ergebnisse lieferte das Natriumkarbonat, dann das Kaliumkarbonat, dann das Kali und die schlechtesten das Natron. Die Rossi'schen Zahlen für das Optimum des Sodazusatzes sind höher als

die von Reinsch angegebenen, weil seine als Grundlage dienende Gelatine nicht ganz neutral, d. h. schwach sauer, die von Reinsch angewandte aber schwach alkalisch war, und wohl auch deshalb, weil die Qualität des geprüften Wassers eine andere war als die des von Reinsch benutzten Elbwassers.

Sieht man nun die Keimzahlen und, wie wir gleich hinzufügen wollen, auch die Keimarten je nach der zur Anwendung gezogenen Gelatine in so weiten Grenzen schwanken (Gelatine ohne Zusatz 475, mit 0,01 g $Na_2CO_3$ 2976), so ergiebt sich naturgemäß die dringende Notwendigkeit, für solche Untersuchungen, bei welchen es auf die Gewinnung stets gleichmäßiger Ergebnisse ankommt, so vor allem bei der bakteriologischen Prüfung der Wirksamkeit filtrierender Materialien und hier in erster Linie der Sandfilter, eine Gelatine zur Anwendung zu bringen, welche eine möglichst gleichartige, konstante Zusammensetzung hat und damit möglichst gleichartige, unter sich vergleichbare Ergebnisse garantiert. Dieses allgemein gefühlte Bedürfnis hat seinen Ausdruck gefunden in einer für die Wasserwerke des Deutschen Reiches erlassenen Vorschrift, nach welcher für die Wasseruntersuchungen eine Nährgelatine verwendet werden soll, deren Alkalinität so normiert ist, daß der neutralisierten Mischung $1{,}5\,^0/_{00}$ krystallisiertes Natriumkarbonat zugefügt werden (vergl. S. 473).

Eine zuverlässige und genaue Methode, um Nährgelatine von einem ganz bestimmten Alkali- bez. Säuregehalt herzustellen, ist im hygienischen Institut zu Göttingen von Timpe[15] gefunden worden.

Die durch Kochen vom Eiweiß befreite Fleischbrühe wird wie gewöhnlich mit 1 Proz. Pepton, $^1/_2$ Proz. Kochsalz und 10 Proz. Gelatine versetzt, einige Zeit gelinde erwärmt und dann zum Sieden erhitzt, bis die Gelatine sich vollständig gelöst hat. Die siedend heiße Lösung wird alsdann so lange mit 25-proz. Kalilauge versetzt, bis ein Tropfen derselben auf einem mit alkoholischer Phenolphthaleïnlösung getränkten Stückchen Filtrierpapier einen rot umsäumten Fleck erzeugt. Eine kleine Probe, mit ein paar Tropfen der Phenolphthaleïnlösung im Reagierröhrchen zusammengebracht, muß alsdann eine deutlich rote Färbung zeigen, anderenfalls ist so lange von der Lauge tropfenweise hinzuzufügen, bis die Reaktion eintritt.

Der Niederschlag von Calciumphosphat, welcher sich gebildet hat, setzt sich rasch zu Boden. Die überstehende Flüssigkeit filtriert schnell und klar.

Die so bereitete Nährgelatine ist nun nach Timpe's Angabe noch nicht brauchbar für die Kultur der Bakterien. Sie muß noch einen Zusatz von Säure erhalten, Salzsäure oder Mononatriumphosphat, welches sauer reagiert. Nach seinen Versuchen erhält man eine für Cholerabakterien vorzüglich geeignete Gelatine, wenn man 16 ccm Normalsalzsäure oder 2,208 g $NaH_2PO_4 + H_2O$ zu einem Liter des auf Phenolphthaleïn alkalisch reagierenden Filtrates hinzusetzt. Ein Zusatz von 25 ccm N.-Salzsäure zu einem Liter des Filtrates, liefert nach Timpe's Angabe eine Gelatine, welche der mit Lakmusindikator neutralisierten gewöhnlichen Gelatine entprechen soll. Diese Gelatine eignet sich, wie Versuche im hygienischen Institut zu Greifswald ergeben haben, für die Wasseruntersuchung ausgezeichnet. Da 100 g einer reinen, durch Alkohol gefällten Leimsubstanz 290 ccm $^1/_{10}$ Normallauge zur Neutralisation gebrauchen, und da

ein Liter Nährgelatine mit der Acidität 25 ccm N.-Säure zur Neutralisation 250 ccm $^1/_{10}$ N.-Lauge erfordert, so muß die gesamte Acidität nicht etwa durch saure Phosphate, sondern nur durch die Gelatine, resp. durch Gelatine + Pepton, welches auf Phenolphthaleïn ebenso wie die Gelatine sauer reagiert, bedingt sein. Die auf Phenolphthaleïn sauer reagierenden Körper, Pepton und Gelatine, haben sich bei der Neutralisation mit Kali mit diesem gesättigt, sobald aber eine Säure zugesetzt wird, wird diese lockere Verbindung gelöst, die Säure verbindet sich mit dem Alkali, und die sauer reagierenden Pepton- und Gelatinesubstanzen bedingen nun die Acidität.

Die Zusammensetzung der Nährgelatinen läßt sich natürlich beliebig variieren. R. Koch[16] empfahl anfangs eine Weizeninfus-Gelatine, welche sehr schön klar und durchsichtig ist, für Wasseruntersuchungen.

Für bestimmte Zwecke, d. h. um bestimmte Bakterienarten zu gewinnen, wird man sogar bestimmte Modifikationen anwenden müssen.

So gelang es Pohl[17] mit Hilfe einer Nährgelatine, welcher er 0,5 bis 1 Proz. kohlensaures Ammon zugesetzt hatte, aus Sumpfwasser vier neue Bakterienarten zu isolieren, welche nur in geringer Anzahl in dem Wasser vorhanden gewesen und in gewöhnlicher Nährgelatine von anderen, in dieser üppig wachsenden Arten überwuchert worden waren. Er empfiehlt diese „Ammoniak-Gelatine“ besonders für diejenigen Arten, welche in der Natur als Fäulniserreger und in alkalischen Zersetzungsprodukten vorkommen. Für die Kultur der Spirillen im Sumpfwasser fand er eine „Sumpfwassergelatine mit 1 Proz. kohlensaurem Ammoniak“ besonders geeignet. Die Nährgelatine und die Lösung von kohlensaurem Ammoniak müssen jede für sich sterilisiert und dann gemischt werden. Nach der Mischung kann man sie noch eine halbe Stunde im Wasserbade erhitzen, aber nicht länger, weil sonst der größte Teil des kohlensauren Ammoniaks verloren gehen und die Gelatine ihr Erstarrungsvermögen einbüßen würde.

Da zweifelsohne für den Menschen nur diejenigen im Wasser vorkommenden Bakterien eine Bedeutung haben werden, welche bei der im Körper herrschenden Temperatur sich zu vermehren imstande sind, so dürfte es in erster Linie darauf ankommen, nach diesen Arten in den Wässern zu suchen. Die Untersuchung der Wasserproben muß daher von diesem Standpunkte aus in Nährsubstraten verschiedener Art bei Körpertemperatur vorgenommen werden. Um derartige Organismen zu kultivieren, bedarf man eines Nährbodens, welcher bei Körpertemperatur fest bleibt. Die Nährgelatine wird flüssig bei einer Temperatur von ca. 24°, wenn ihr Gehalt an Gelatine 10—15 Proz. beträgt; erhöht man denselben auf 25 Proz., so liegt die Verflüssigungsgrenze etwas höher, bei 28—30°. Bei Körpertemperatur aber kann man auf derselben nicht kultivieren. Als Ersatz der Nährgelatine dient uns das Nähr-Agar-Agar. Man bereitet sich dasselbe, indem man zu den Nährflüssigkeiten statt 10 Proz. Gelatine 2 Proz. Agar-Agar hinzufügt.

Das Agar-Agar wird aus verschiedenen Fucusarten gewonnen. Es stellt ein Material dar, welches nur nach längerem Kochen sich löst, unter 40° abgekühlt aber sehr schnell starr wird. Einmal fest geworden,

bleibt es starr bei allen für die Entwickelung von Mikroorganismen in Betracht kommenden Temperaturen. Das Agar reagiert nahezu neutral, man bedarf daher zur Neutralisation geringerer Mengen von Alkali als bei Gelatinezusatz. Da es sehr schlecht filtriert, thut man am besten, es nach mehrstündigem Kochen in cylindrische Gläser zu füllen und in der Wärme absetzen zu lassen. In neuester Zeit ist von Haegler[18] empfohlen worden, das Nähragar in einer angewärmten Schale zu centrifugieren. Sämtliche Trübungen finden sich dann nach dem Erstarren in einer dünnen peripheren Schicht, welche durch Einstechen eines scharfen Messers und Drehen der Schale leicht von dem absolut klaren Kern losgelöst werden kann.

Um Agarplatten zu gießen, müssen die im Dampfstrom flüssig gemachten Agarröhrchen in Wasser von 42—45 $^0$ gestellt, schnell mit den Wasserproben durchmischt und in auf 45 $^0$ erwärmte Schalen ausgegossen werden.

Die Entwickelung der Kolonien geht bei Körpertemperatur sehr schnell von statten, sodaß die Zählung derselben meist schon nach 24 Stunden vorgenommen werden kann. Eine unangenehme Eigenschaft des Agars ist es, nach dem Erstarren eine Flüssigkeit abzuscheiden, welche sich event. über die Oberfläche verbreiten und dadurch, daß sich Bakterien in derselben entwickeln, den Zweck des Plattenverfahrens vereiteln kann. Durch Zusatz von 2—5 Proz. Gelatine oder auch einiger Tropfen konzentrierter Gummi arabicum - Lösung kann die Flüssigkeitsabscheidung verhütet werden. Oder aber man stellt die Schälchen mit dem Deckel nach unten in den Brütapparat. Die Unterschiede im Aussehen und in der Form der Kolonien der verschiedenen Bakterien sind in dem Nähragar lange nicht so in die Augen springend wie in der Nährgelatine. Eine Verflüssigung des Agars wird durch keine Bakterienart bewirkt. Zu Rollröhrchen eignet sich der Agarnährboden nicht.

Wie sehr verschieden sich die Ergebnisse, was die Keimzahl anlangt, gestalten bei Anwendung von Nähragar und Bruttemperatur an Stelle von Nährgelatine und Zimmertemperatur, erhellt aus nachfolgenden von Dr. Gocht im hygienischen Institut zu Greifswald gewonnenen Vergleichszahlen aus verschiedenen Wasserproben:

Es wurden bei Zusatz von 1 ccm Wasser gezählt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| aus Stadtgrabenwasser | | in Agarplatten | 102 318 | Kolonien |
| | | „ Gelatineplatten | 238 026 | „ |
| „ Ryckflufswasser | | „ A. | 18 405 | „ |
| | | „ G. | 62 685 | „ |
| „ Brunnen Steinbeckerstrafse | | „ A. | 34 | „ |
| | | „ G. | 32 670 | „ |
| „ „ | Domstrafse | „ A. | 73 | „ |
| | | „ G. | 6280 | „ |
| „ „ | Nikolaistrafse | „ A. | 22 | „ |
| | | „ G. | 1215 | „ |
| „ „ | Langestrafse | „ A. | 14 | „ |
| | | „ G. | 200 | „ |
| „ „ | Hunnenstrafse | „ A. | 16 | „ |
| | | „ G. | 13 | „ |
| „ Leitungswasser | | „ A. | 3 | „ |
| | | „ G. | 2 | „ |

Eine besondere Methode der Untersuchung, welche gegewissermaßen eine Auslese bestimmter für die Wasserbeurteilung wichtiger Arten bezweckt, ist in neuester Zeit von Burri[19] angegeben. Burri ging von der von ihm als „Thatsache“ bezeichneten Annahme aus, daß das Bacterium coli nicht nur mit den wichtigsten für den Menschen pathogenen Arten, sondern noch mit einer ganzen Reihe von anderen ständigen oder gelegentlichen Darmbewohnern und auch regelmäßigen Jauchebewohnern die Eigenschaft teile, bei Bluttemperatur und gleichzeitig bei hoher Alkalescenz des Nährsubstrates gedeihen zu können, während die harmlosen Saprophyten, speziell die in reinen Wässern vorkommenden unter genannten Verhältnissen sich nicht zu entwickeln vermöchten. Er fahndete mithin nicht nur auf die eine in mancher Beziehung recht unsichere Art des Bacterium coli commune, sondern überhaupt auf Arten, welche in physiologischer Beziehung sich den genannten ähnlich verhielten.

Er brachte deshalb die zu untersuchenden Wasserproben in ein 0,75 Proz. Soda enthaltendes Nähr-Agar-Agar.

Da der Dünndarminhalt nach Landois eine Alkalescenz besitzt, welche einem Gehalt von 0,3 Proz. Soda entspricht, so dürfte es sich empfehlen, dem neutralisierten Nähragar nicht, wie Burri vorgeschlagen hat, 0,75 Proz. Soda, sondern nur 0,3 Proz. Soda zuzusetzen, wenn man beabsichtigt, die dem Dünndarm des Menschen entstammenden Mikroorganismen aus einem Wasser zu gewinnen.

Schardinger[20], welcher ebenfalls die normalerweise oder doch vorzugsweise im Verdauungstraktus des Menschen vorkommenden Bakterien in einem infizierten Wasser aufzufinden beabsichtigte, schlägt einen anderen Modus procedendi vor. Da nach den Arbeiten von Nencki und seinen Schülern sich im Dünndarm gesunder Menschen vornehmlich Gärungs- und im Dickdarm Fäulniserscheinungen abspielen, so fahndete er in einem suspekten Wasser nach diesen beiden Gruppen von Bakterien. Er vermischte etwa 30 ccm 5 Proz. Zucker enthaltender Bouillon mit 70 ccm Wasser, hielt die Mischung 24 Stunden bei 37° und machte dann Plattenkulturen. Es gelang ihm so, zahlreiche Arten von gärungserregenden Keimen zu isolieren. Auf solchen Platten wuchsen meist zweierlei Arten von Kolonien, „Kolon“-ähnliche und milchweiße, schleimige, fadenziehende, welche in Zuckergelatine oder Agar lebhafte Gärungserscheinungen verursachten.

Außerdem verwandte er Lösungen von 1 gm Pepton und 1 gm Kochsalz (s. d. Anreicherungsverfahren für Cholerabakterien) in 10 ccm Wasser, die, mit 100 ccm des zu untersuchenden Wassers vermischt, bis zu 24 Stunden bei Bruttemperatur gehalten wurden. Enthält das Wasser Fäkalbakterien, so soll sich intensiver fäkulenter Geruch, reichlich Schwefelwasserstoff und Indol entwickeln. Da indessen, wie Schardinger selbst angiebt, schwache Reaktionen dieser Art auch von Wässern gegeben werden, bei denen nicht im entferntesten die Möglichkeit einer Infektion vorliegt, und da deshalb eine gewisse Intensität in ihrem Auftreten innerhalb einer bestimmten Zeit für ihre Verwertung nötig ist, so dürfte die Methode praktisch eine besondere Bedeutung wohl kaum beanspruchen können.

Um die in Düngerjauche in reichlichen Mengen und zahlreichen Arten vorkommenden und mit der Jauche häufig in Wasserläufe gelangenden Vibrionen und Spirillenarten zu gewinnen, verfährt man nach Kutscher[21] am besten in ähnlicher Weise wie bei dem Nachweise der Cholerabakterien (s. d.).

Man sucht zunächst die Vibrionen „anzureichern", indem man eine größere Menge des betreffenden Wassers (Kutscher nahm 800 ccm) mit 1 Proz. Pepton und 1 Proz. Kochsalz versetzt und diese in den Brütapparat bei 37° bringt. Sobald gewisse Vibrionenarten in größerer Menge erkennbar sind, werden aus den Proben weitere Vorkulturen in 1-proz. Peptonkochsalzlösung gemacht und von diesen dann Gelatine- und Agarplatten angelegt, welche bei 22° bez. bei 37° gehalten werden. Durch sog. „Klatschpräparate" kann man sich von der Anwesenheit von Vibrionenkolonien überzeugen. In den wenig charakteristischen Agarkolonien erkennt man größere Formen schon bei schwacher Vergrößerung, indem man, nach Schiller's Vorschlag die Kolonien mit der Platinnadel einreißt. Der Riß füllt sich mit Flüssigkeit, und in dieser Flüssigkeit erkennt man die größeren beweglichen Formen ganz deutlich. Zur Weiterkultur dient dann Nähragar in Röhrchen, an deren Boden sich etwas Kondenswasser befindet, oder „Agarfleischwasser". Manche Arten wachsen anfangs besonders in dem Kondenswasser, nach einigen Umzüchtungen aber als Kolonien auf den Agarflächen. Das „Agarfleischwasser" bereitete Kutscher in der Weise, daß er einem Kolben mit Wasser 2 Proz. Agar zusetzte und diesen 48 Stunden bei 37° hielt. Der abgepreßten, farblosen, etwas opalescierenden Flüssigkeit setzte er die gleiche Menge sterilen Fleischwassers hinzu, fügte $^1/_2$ Proz. Kochsalz bei, neutralisierte mit Ammoniumpentasulfid, sterilisirte, filtrierte, füllte in Reagensgläser und sterilisierte nochmals.

Nach diesem Verfahren ist es Kutscher gelungen, eine große Zahl von Vibrionen und Spirillen, unter ihnen den Vibrio serpens, Spirillum undula, Spirillum volutans, Spirillum tenue, aus Jauche, Schweinekot, sowie auch aus mit Jauche verunreinigten Wässern rein zu gewinnen und näher zu studieren.

Bei den bisher geschilderten Methoden ist auf den Nachweis anaërober Organismen keine Rücksicht genommen, und doch kommen solche Arten nicht selten im Wasser vor. Flügge[22] giebt z. B. an, daß er den anaëroben Bacillus butyricus Botkin fast in jedem Brunnenwasser und stets im Breslauer Leitungswasser gefunden habe. Es ist deshalb nötig, wenn man solche Arten gewinnen will, die für die Anaërobenkultur gebräuchlichen Verfahren, die Kultur in hoher Schicht, in Wasserstoffatmosphäre, im Vakuum oder im geschlossenen Gefäß unter Absorption des O mittels alkalischer Pyrogallussäure zu Hilfe zu nehmen.

Droßbach[23] empfiehlt, um die für die hygienische Beurteilung von Wässern, wie er meint, besonders wichtigen, bei Bluttemperatur entwickelungsfähigen Anaërobionten zu gewinnen, Agarplatten-Kulturen in Dosenexsikkatoren mit konzentrierter Natronlauge und äquivalenten Mengen von Eisenchlorür zur Absorption des Sauerstoffes. Als noch besser Sauerstoff absorbierend empfiehlt er Chromoxydul. Er reduziert eine konzentrierte Lösung von rohem Chromsesquichlorid mittels Zinks und

wenig Salzsäure, bis die Lösung rein blau erscheint, und gießt dieselbe dann unfiltriert auf eine in den Exsikkator gebrachte konzentrierte Natriumacetatlösung. Die Agarschälchen werden offen, unbedeckt, hineingestellt. Der Exsikkatordeckel wird dann schnell mittels eines zusammengeschmolzenen Gemenges von 2 Teilen Wachs und 1 Teil Mandelöl luftdicht aufgesetzt und durch Umschwenkung die Vereinigung der beiden Flüssigkeiten bewirkt. Das ausgeschiedene rote Acetat absorbiert den Sauerstoff außerordentlich rasch unter Erwärmung. Bei Verwendung von 100—200 g Chromchlorür kann man die Dose viele Male verwenden. In dem Nähragar sollen so auch die strengsten Anaërobionten zur Entwickelung gelangen.

Um auf den allerverschiedenartigsten festen Nährsubstraten, erstarrtem Hühnereiweiß, Blutserum, Seidenleim, Kleber, Pflanzenalbumin u. dgl. m. isolierte Kolonien aus einem bakterienhaltigen Material, besonders auch aus Wasser zu erzielen, schlug Droßbach [24] vor, die notwendigen Verdünnungen zunächst mittels keimfreien Wassers vorzunehmen, von der passenden Verdünnung auf das in Schälchen befindliche Nährsubstrat kleine Mengen zu übertragen und durch Hin- und Herneigen zu verteilen. Um das auf der Oberfläche befindliche Wasser zu entfernen, stellt Droßbach die Schälchen unter den Recipienten einer Luftpumpe und evakuiert die Luft. Im Vakuum verdampft das überflüssige Wasser schnell. Die Keime liegen jetzt ausschließlich auf der Oberfläche und man erhält daher nur Oberflächenkolonien, welche bei den meisten Bakterien charakteristischer sind als die in der Tiefe liegenden.

Zur Isolierung solcher Keime, welche wie z. B. Protozoen auf den festen Substraten nicht wachsen, empfiehlt Droßbach [25], das mit einer Nährflüssigkeit verdünnte Material auszugießen auf Glasplatten von 100 qcm Größe welche pro Quadratcentimeter mit 3—16 2—3 mm in das Glas eindringenden Vertiefungen versehen sind. Um die Flüssigkeit von den zwischen den einzelnen Vertiefungen befindlichen Brücken zu entfernen, soll ein steifes sterilisiertes Filterpapier aufgedrückt werden. Die einzelnen Keime befinden sich dann bei entsprechender zweckmäßiger Verdünnung jeder für sich in einer mit Nährlösung erfüllten Zelle und können sich ungestört dort entwickeln.

Das Verfahren ist, wie der Autor selbst betont, durchaus nicht so einfach, wie es scheint. Ueber praktische mit demselben erzielte Ergebnisse ist bisher Nichts verlautet.

Da mit Hilfe des gewöhnlichen Plattenverfahrens viele interessante Formen, wie Nitrit- und Nitratfermente, Wasserbakterien aus den Gattungen Cladothrix und Crenothrix, die meisten Spirillen, anaërobe Arten, thermophile Formen, Infusorien und Monaden und andere nicht zur Beobachtung gelangen, ersann Beyerinck [26] ein neues Verfahren, mit Hilfe welches der Nachweis aller genannter Formen gelingen soll.

Er ließ am Boden einer sterilisierten Reagenzröhre einige Tropfen einer geeigneten Nährgelatine oder Agar erstarren und überschichtete mit der zu untersuchenden Wasserprobe. Wenn er Fleischwassergelatine verwandte, so entstand innerhalb 24 Stunden, oberhalb Würzegelatine nach 36—48 Stunden ein scharfes „Niveau“, d. h. eine scharf begrenzte Schicht von bestimmten beweglichen Bakterien. Von besonderem Interesse war nun die Vegetation, welche sich oberhalb dieses „Niveaus“

entwickelte. Der Gehalt an organischen Stoffen, welche von dem am Boden des Reagenzglases befindlichen Nährmaterial nach oben diffundieren, muß, weil der Diffusionsstrom das Bakterienniveau passiert und dort ausgenutzt wird, ein sehr geringer sein. Außerdem schwanken die Sauerstoffspannungen innerhalb sehr weiter Grenzen von der Oberfläche bis zum Niveau herab, sodaß sowohl in Bezug auf den Nährstoffgehalt als auf die gebotene Sauerstoffmenge alle möglichen Uebergänge vorhanden sind, welche für die verschiedensten Mikroorganismen, Protozoen, Spirillen, Cladothrix, Crenothrix gerade geeignet sind. Dementsprechend sah Beyerinck bei Anwendung von Fleischpeptongelatine in dem Meniskus sich sauerstoffbedürftige Monaden — besonders Oicomonas termo Ehrenberg — darunter, etwa 1 cm unterhalb des freien Spiegels, verschiedene Spirillen, so z. B. Spirillum undula, sich massenhaft entwickeln; bei Anwendung von Würzegelatine begannen auch Gärungsorganismen zu wachsen, deren Gasbildung alsbald den Sauerstoff aus der ganzen Röhre zum Verschwinden brachte. Die Oberfläche bedeckte sich dann mit einer weichen, breiartigen Bakterienschicht, in welcher Monaden, Infusorien, Spirillen, Cladothrix und Crenothrix wuchsen. Alle diese Organismen entwickelten sich aus dem Leitungswasser von Delft, welches aus den Dünen zu Loosduinen in Drains gesammelt, mit Alumiumsulfat von Humuskörpern befreit und durch Sand filtriert war und welches, nach dem gewöhnlichen Plattenverfahren untersucht, im Winter und Frühjahr 70 bis 200 Keime im ccm enthielt.

Beyerinck glaubt mit dieser Methode einen Schritt vorwärts gethan zu haben auf dem Wege einer allgemeinen biologischen Analyse von Wasser und anderen Flüssigkeiten.

Es bleibt abzuwarten, ob es mit dieser neuen Methode gelingen wird, für die Hygiene des Wassers praktisch verwertbare Ergebnisse zu erzielen, ob es vor allem möglich sein wird, mit Hilfe derselben gewisse auf die Protozoen, namentlich auf die Fieber- und Malariaparasiten sich beziehende Fragen zu lösen, wie Beyerinck zu hoffen scheint.

Um lebhaft bewegliche Infusorien aus unreinem Wasser zu isolieren, füllte Ogata[27] in Tokio Glaskapillaren von ungefähr 0,3—0,5 mm Lumen und 10—20 cm Länge mit einer sterilisierten Probe des zu untersuchenden Wassers, in welcher er $2^1/_2$ Proz. Traubenzucker gelöst hatte, so weit, daß in der Kapillare ein leerer Raum von 1—2 cm zurückblieb, tauchte dann dieselbe in die infusorienhaltige Flüssigkeit, bis sie sich ganz gefüllt hatte und schmolz nunmehr beide Enden zu. Unter dem Mikroskop suchte er die Berührungsstelle zwischen Nährlösung und Wasser. Nach 5—30 Minuten konnte er dann lebhaft sich bewegende Infusorien 2, 3 oder mehr cm von dieser Stelle entfernt in der klaren Nährlösung erkennen. Die beweglichen Bakterien kamen nicht an so entfernte Stellen. Die Infusorien nahmen auch bei ihrer Fortbewegung keine Bakterien mit. Wenn die Infusorien mehrere Centimeter von der ursprünglichen Flüssigkeit entfernt waren, brach er das Kapillarrohr an einer geeigneten Stelle ab und hatte nunmehr das Infusor isoliert.

Zur weiteren Kultivierung und später auch zur Füllung der Kapillarröhren benutzte er eine Nährlösung, bestehend aus:

500 ccm Fleischbouillon (aus 250 g Fleisch),
12,5 g Traubenzucker,
25,0 „ Algengemisch, meist Porphyra vulgaris enthaltend.

Diese Nährlösung wurde gekocht, neutralisiert, filtriert und in Reagenzgläsern sterilisiert. Durch Hineinblasen brachte er die in der Kapillare isolierten Infusorien in die Nährlösung. Waren keine Bakterien mit hineingelangt, so blieb die Lösung bei Aussaat von Polytoma uvella 4—6 Tage klar, wiewohl sich die Infusorien vermehrten. Erst nach 7—8 Tagen begann eine Trübung im oberen Teile, welche sich dann allmählich nach unten fortsetzte. Später fand eine Hautbildung auf der Nährlösung statt. Es gelang ihm dann auch, die Polytoma uvella auf Nährgelatine zu kultivieren. Die Kolonien bildeten nach 7—8 Tagen makroskopisch erkennbare, weiße Pünktchen, welche in 2—3 Wochen fast die Größe eines Millimeters erreichten, ohne die Nährgelatine zu verflüssigen.

Außer der Polytoma uvella ist es ihm gelungen, noch Paramaecium aurelia aus Wasser und eine andere Art von Infusorien aus dem Enddarm des Frosches nach dieser Methode zu isolieren. Man wird daher mittels derselben lebhaft sich bewegende Protozoen aus Mischungen zu isolieren und deren physiologische und pathologische Eigenschaften zu studieren imstande sein. Die Methode stellt eine praktische Anwendung der von Pfeffer entdeckten positiven Chemotaxis bestimmter Nährlösungen auf niedere Organismen dar.

Ein anderes Prinzip zur Gewinnung von Reinkulturen wurde im Jahre 1883 von Gunning[28] proklamiert.

Gunning beabsichtigte „die Sichtung der verschiedenen Bakterienarten (aus Wasserproben) dadurch zu erzielen, daß man die mit dem Untersuchungsmaterial infizierte Nährflüssigkeit durch Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur, z. B. von 60°, partiell sterilisiert". „Bekanntlich", sagt er, „sind die Optima der Temperatur für die Lebensenergie der Bakterienarten verschieden, und voraussichtlich wird also auch, beim Erwärmen auf höhere Temperaturen als dieses Optimum, die Abschwächung der Energie in verschiedenem Maße stattfinden." Um die Möglichkeit einer Gewinnung von Reinkulturen bestimmter Bakterienarten nach diesem Prinzip zu illustrieren, füllte er Gefäße mit seitlichem, nach abwärts gebogenen Ansatzrohr zum Teil mit Hefeabkochung, saugte dann nach dem Sterilisieren eine gewisse Menge Wasser hinein, erhitzte die Mischung 2 Stunden auf 100° und brachte dann das Gefäß in einen Brütapparat bei 35—40° C. Und in der That gelang es ihm auf diese Weise, einen Bacillus in Reinkultur zu gewinnen. In diesem Falle waren sehr widerstandsfähige Sporen eines Bacillus in der Wasserprobe enthalten, welche durch das Kochen nicht abgetötet wurden. Ein besonderer Beweis von der Leistungsfähigkeit des von ihm betonten Prinzipes war damit keineswegs gegeben. Immerhin aber erscheint das Prinzip vielversprechend. Durch richtige Auswahl der Temperaturen und der Nährflüssigkeiten wird es vielleicht gelingen, gewissen, namentlich den uns in erster Linie interessierenden pathogenen Bakterien ein Uebergewicht über andere saprophytische Arten zu verschaffen, sodaß ihre spätere Reingewinnung leichter gelingt. Wie sehr die Zahl der Keime, und namentlich auch die Zahl der Arten in den Wässern durch

verschieden hohe Temperaturen verändert wird, erhellt aus den Versuchen von Miquel[29]. Es lieferte z. B.:

| Seinewasser | Keime im ccm |
|---|---|
| bei 20° | 464 |
| auf 45° 15 Min. erhitzt | 396 |
| „ 55° „ „ „ | 33 |
| „ 65° „ „ „ | 20,8 |
| „ 75° „ „ „ | 9,6 |
| „ 85° „ „ „ | 6,6 |
| „ 95° „ „ „ | 2,8 |

| Ourcqwasser | Keime im ccm |
|---|---|
| bei 14° | 460 800 |
| auf 50° 10 Min. erhitzt | 600 |
| „ 60° „ „ „ | (60) |
| „ 70° „ „ „ | 88,8 |
| „ 80° „ „ „ | 62,4 |
| „ 90° „ „ „ | 26,4 |
| „ 100° „ „ „ | 0,5 |
| „ 100° 20 „ „ | 0,0 |

Gunning selbst scheint sein Prinzip nicht weiter verfolgt zu haben, auch von anderer Seite sind Ergebnisse, welche mit Hilfe desselben erzielt wären, bisher nicht mitgeteilt worden.

Die einzige in der Litteratur verzeichnete, auf ein ähnliches Prinzip hinweisende Arbeit ist die Arbeit von Rodet[30], welcher die bei den verschiedenen Bakterienarten recht verschiedenen Wachstumstemperaturgrenzen zur Differenzierung und Bestimmung der Bakterien benutzen wollte und so z. B. zur Gewinnung von Typhusbacillen aus verdächtigem Wasser in Bouillon ausgesäte Proben desselben bei 45—45,5° zu kultivieren vorschlug. Bei dieser Temperatur gedeihen nach seiner Angabe die die Gelatine verflüssigenden Wasserbakterien nicht mehr, wohl aber noch die Typhusbacillen. Man kann daher diese letzteren durch die höhere Wachstumstemperatur gewinnen.

Da es bei der hygienischen Untersuchung des Wassers in erster Linie darauf ankommt, festzustellen, ob dasselbe irgend welche krankheitserzeugende Potenzen enthält, so sind die Hygieniker bestrebt gewesen, durch direkte Tierexperimente sich von der Anwesenheit derartiger Potenzen zu überführen. Man hat zu diesem Zwecke Tieren von den zu prüfenden Wässern gewisse Mengen subkutan beigebracht. Bergmann, Lewitzky, Falk und Emmerich fanden, daß eine 10 Proz. des Körpergewichts entsprechende Menge reinen Wassers für Kaninchen unschädlich war.

Schuschny und v. Fodor[31] injizierten Kaninchen von verschiedenen Budapester Brunnenwässern gleiche Mengen und fanden, daß in chemischer Beziehung verhältnismäßig reine Brunnenwässer irgendwie erheblichere Gesundheitsstörungen nicht hervorriefen. Nach Injektion von verunreinigtem Brunnenwasser sahen sie häufig Temperaturschwankungen und Diarrhöen eintreten; in manchen Fällen gingen die Kaninchen unter den Symptomen der putriden Infektion zu Grunde. Doch blieb selbst das chemisch unreinste Wasser häufig ohne alle nachteilige Wirkung auf die Gesundheit der Tiere. Der Methode ist für die hygienische Beurteilung des Wassers ein besonderer Wert nicht beizumessen. Höchstens gelingt es mittels derselben, gewisse, für die betreffende Tierart pathogene Organismen in Reinkultur zu gewinnen. Derartige für Tiere pathogene Organismen werden naturgemäß vorzugsweise vorhanden sein in solchen Wässern, welche mit allen möglichen Abfallstoffen verunreinigt sind, namentlich also in Kanalwässern. Und in der That konnte Gaffky[32] durch Injektion von 0,3—0,5 ccm des hochgradig verunreinigten Wassers der Panke, eines Seitenflüßchens der Spree, bei Kaninchen den von ihm näher studierten Organismus der

Kaninchenseptikämie gewinnen, und Rintaro Mori[33] gelang es, aus Berliner Kanalwasserproben durch Injektion von 2—5 Tropfen bei Mäusen und 1—2 ccm bei Meerschweinchen sogar 3 pathogene Organismen zu isolieren: den Bacillus der Mäuseseptikämie von Koch, einen dem Bacillus pneumoniae Friedlaender nahe verwandten Bacillus, welchen er „kapseltragenden Kanalbacillus" benannte, und drittens einen kurzen Bacillus, welcher mit keiner der bis dahin bekannten Arten zu identifizieren war, und welchem er die Bezeichnung „kurzer Kanalbacillus" beilegte.

Sanarelli[34] wies in dem Wasser eines Brunnens einen für verschiedene Kalt- und Warmblüter pathogenen Organismus nach, indem er Frösche, deren Hautoberfläche er sorgsam gereinigt und desinfiziert und denen er alsdann Hautwunden beigebracht hatte, in das verdächtige Wasser setzte. Alle Frösche, deren Haut verletzt war, starben. In ihrem Blute befand sich ein kleiner, beweglicher Bacillus, welcher durch die bräunliche Farbe seiner Kolonien auf gekochten Kartoffeln besonders ausgezeichnet war und deshalb von Sanarelli mit dem Namen Bacillus hydrophilus fuscus belegt wurde. Er zeigte sich pathogen auch für Warmblüter, Kaninchen, Meerschweinchen, Mäuse u. s. w. und mußte deshalb als verschieden angesehen werden von dem Bacillus ranicida, welchen Ernst[35] in Heidelberg als Ursache der Frühjahrsseuche der Frösche aufgefunden hatte und welcher auf Mäuse und Kaninchen nicht pathogen, sondern nur toxisch wirkte.

Um etwaige pathogene Organismen aus Wässern zu gewinnen, verfuhren manche Autoren in der Weise, daß sie die betreffenden Wässer nicht direkt Tieren injizierten, sondern erst durch Chamberland'sche Filter filtrierten und nun von dem auf der Kerzenoberfläche abgelagerten Schlamm gewisse Mengen Tieren beibrachten.

In dieser Weise verfuhren Lortet und Despeignes[36] [37] mit dem der Wasserversorgung von Lyon dienenden Rhonewasser. Die Tiere gingen unter septikämischen Erscheinungen zu Grunde.

G. Roux[38] fand mit derselben Methode den Tetanusbacillus im Rohnewasser und Miquel denselben Bacillus im Wasser der Seine und Marne.

Statt des Wassers selbst oder dessen Filtrationsrückstandes nahm Lortet[39] auch die am Grunde der Wasserläufe und Wasserbecken angesammelten Schlammmassen zu Tierversuchen. So entnahm er z. B. aus dem Genfersee in der Nähe von Morges, 2 Kilometer vom Ufer entfernt, aus einer Tiefe von 40—50 m, woselbst ein Druck von 4—5 Atmosphären und eine konstante Temperatur von 4,5 $^{0}$ C. herrschte, Schlammproben mit allen Kautelen, schwemmte sie in sterilisiertem Wasser auf und injizierte davon Quantitäten im Verhältnis von 1 : 100 Körpergewicht Meerschweinchen subkutan. Alle Versuchstiere gingen mit Oedem an der Injektionsstelle zu Grunde. Aus den Schlammproben gewann er den Staphylococcus aureus, den Tetanusbacillus, das Bacterium coli commune und auch den Typhusbacillus (?).

Im Schlamm des Toten Meeres fand er[40] den Organismus der gasigen Gangrän und ebenfalls den Tetanusbacillus.

R. Pasquay[41] dampfte größere Mengen von Münchener Kanalwasser bei 25 $^{0}$ C. im Vakuum ein (z. B. 2 Liter auf $^{1}/_{2}$ Liter) oder aber er centrifugierte dasselbe mittels einer durch Elektromotor be-

triebenen Centrifuge, die bei einer Stromstärke von 30 Ampère eine Tourenzahl von 3800 Umdrehungen in der Minute erreichte. Das eingedampfte Wasser bez. das durch Centrifugieren gewonnene Material injizierte er Tieren. Die Tiere starben, und aus ihren Organen gelang es ihm, 2 Bakterienarten zu isolieren, deren eine, kurze Kettchen bildende Kokken, er mit dem Streptococcus pyogenes resp. erysipelatis identifizierte und deren andere, Kurzstäbchen mit abgerundeten Enden, vielfach zu zweien aneinander gelagert, er für identisch hielt mit dem Bacillus pyogenes foetidus, welchen Passet zuerst in Abscessen mit stinkendem Eiter beim Menschen nachgewiesen hat.

Eine dem v. Fodor'schen Verfahren verwandte Methode zur Beurteilung der Gesundheitsschädlichkeit von Wassern empfiehlt Blachstein[42].

Er besät ein Röhrchen, enthaltend 10 ccm Bouillon, mit 1 ccm des zu prüfenden Wassers, bringt dasselbe in den Brütapparat und prüft nach 48 Stunden die Wirksamkeit des zur Entwickelung gelangten Bakteriengemisches auf Kaninchen bei intravenöser, auf Meerschweinchen bei intraperitonealer, auf Mäuse bei subkutaner und auf Tauben bei intramuskulärer Injektion. Die injizierte Menge betrug 2 ccm (Kaninchen), 0,5 ccm (Meerschweinchen) und 0,2 ccm (Mäuse und Tauben).

Die Bakteriengemische von Wässern, welche vom hygienischen Standpunkte aus gut waren, erwiesen sich inoffensiv für die Tiere, solche von verunreinigten Wässern, wie z. B. des Wassers der Seine im Bereich und unterhalb von Paris, führten den Tod der Tiere herbei unter Erscheinungen von heftigen Darmkatarrhen oder Peritonitiden.

Praktischen Wert kann diese „Methode“ nicht beanspruchen, da ihr jede rationelle Basis fehlt. Sind zufällig für die betreffende Tierart pathogene Bakterien in dem ausgesäten Wasser vorhanden, so werden die Tiere sterben. Daß deshalb das Wasser für Menschen schädlich oder im umgekehrten Falle unschädlich sein sollte, kann man natürlich nicht daraus schließen.

### *Nitrosomonas und Nitrobakter.*

Unter Umständen kann es von Interesse sein, in einem Wasser die von Winogradsky[43] aufgefundenen Nitrit- und Nitratfermente, die aus Ammoniak salpetrige Säure bildende Nitrosomonas und den salpetrige Säure zu Salpetersäure oxydierenden Nitrobakter nachzuweisen und zu kultivieren. Da beide Organismen in reinen Lösungen bestimmter Salze ohne Anwesenheit von organischer Substanz gedeihen, so ist es zweckmäßig, um zunächst zahlreiche andere Organismen im Wasser auszuschalten, Vorkulturen in einer entsprechenden Nährsalzlösung anzulegen. Am geeignetsten erwies sich Winogradsky für diesen Zweck eine Lösung von

| | |
|---|---|
| Kaliumphosphat | 1 |
| Magnesiumsulfat | 0,5 |
| Calciumchlorid | Spur |
| in destilliertem Wasser | 1000,0 |

mit Zusatz von Magnesiumkarbonat, frisch mit kochendem Wasser gewaschen, „en petit excès“. Nach dem Sterilisieren wird zu derselben

dann noch ein Zusatz von 2 bis 2,5 Promille Ammoniumsulfat gegeben, um die Nitrosomonas zu kultivieren. Die Kultur des Nitrobakter erheischt dagegen an Stelle des Ammoniumsalzes die Zugabe einer geringen Menge von Kaliumnitrit. Bei Anwesenheit von Nitrit und Fehlen von Ammoniakverbindungen verschwindet nach kurzer Zeit das Nitritferment.

Ist das zu untersuchende Wasser arm an organischer Substanz, so wird man an Stelle des destillierten Wassers dieses Wasser selbst durch Zusatz der notwendigen Salze in eine geeignete Nährlösung verwandeln können, anderenfalles wird man zu der Nährlösung nur einen aliquoten Teil des Wassers hinzufügen.

Nach einigen Tagen beginnt bei 30° C. die Umwandlung des Ammoniaks in Nitrit oder aber des Nitrits in Nitrat. Es bildet sich auf dem am Boden des Gefäßes abgesetzten Magnesiumkarbonat ein zarter gelatinöser Ueberzug, in welchem die Fermente enthalten sind. Ueberträgt man davon ein gewisses Quantum in eine neue Nährlösung gleicher Zusammensetzung, so geht das Wachstum der spezifischen Organismen weiter. Eine ganze Anzahl der Wasserorganismen geht nach und nach in der Lösung zu Grunde. Man erhält aber selbst bei zahlreichen Uebertragungen keine sichere Reinkultur. Um solche zu gewinnen, um isolierte Kolonien in einem festen Nährboden zu erhalten, benutzte Winogradsky, nachdem sich Gelatine und Agar als unbrauchbar erwiesen hatten, die von W. Kühne[44] in die bakteriologische Technik eingeführte, auf Zusatz neutraler Salze, besonders des Chlornatrium-gelatinierende Kieselsäure als festes Kulturmedium.

Das käutliche sirupöse Natronwasserglas wird mit 3 Volumina Wasser verdünnt. 100 ccm davon werden unter Umrühren in 50 ccm verdünnter Salzsäure eingegossen und alsdann einen Tag in fließendem Wasser und zwei Tage in destilliertem Wasser dialysiert, bis mit Silbernitrat die Lösung keine Trübung mehr giebt. Dann wird dieselbe durch Kochen sterilisiert und in einem Kolben aufbewahrt. Zum Gebrauche wird die Kieselsäurelösung bis auf die Hälfte ihres Volumens etwa abgedampft. Von Zeit zu Zeit entnimmt man 2—3 Tropfen und fügt auf einem Uhrglase von der die Gelatinierung bewirkenden Salzlösung 1 Tropfen hinzu. Sobald nach Ablauf von 5 Minuten eine Tendenz zur Gelatinierung hervortritt, bringt man die Kieselsäure in die Glasschälchen und setzt die Hälfte oder ein Drittel Salzlösung hinzu. Diese hat folgende Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Ammoniumsulfat | 0,4 |
| Magnesiumsulfat | 0,05 |
| Kaliumphosphat | 0,1 |
| Calciumchlorid | Spur |
| Natriumkarbonat | 0,6—0,9 |
| Destilliertes Wasser | 100,0 |

Die Sulfate und das Chlorid einerseits und das Karbonat und Phosphat andererseits werden getrennt für sich gelöst und sterilisiert: man mischt sie erst nach dem Erkalten.

Die Einsaat des Fermentes erfolgt unmittelbar nach der Zusammenmischung der beiden Flüssigkeiten. Strichkulturen werden erst, nachdem die Mischung fest erstarrt ist, angelegt. An Stelle

des Natriumkarbonats nahm Winogradsky bisweilen das Magnesiumkarbonat, die Gallerte wird dann trübe. Aber an allen den Stellen, an welchen sich Kolonien entwickeln, werden die Salzkrümelchen aufgelöst, sodaß die Kolonien von einem klaren Hofe umgeben erscheinen und um so leichter auffindbar sind. Einige der die Nitrobakterien beim Wachsen in der verdünnten Salzlösung begleitenden Bakterien entwickeln sich auch in dieser Kieselsäuregallerte; sie bilden zarte durchsichtige Flecke auf der Oberfläche der Gallerte schon einige Zeit vor dem Erscheinen der charakteristischen Kolonien der Nitrobakterien. Diese halten sich in der vor Eintrocknung geschützten Gallerte wochenlang. Die runden Kolonien der Nitrosomonas wachsen besonders an der Oberfläche und bleiben sehr klein, die des Nitrobakter in der Tiefe als größere, gelbgraue, linsen- und lamellenförmige Gebilde. Selbstverständlich kann man auch versuchen, mit Hilfe der Kieselsäuregallerteplatten direkt aus Proben des zu untersuchenden Wassers Kolonien der Nitrobakterien zu gewinnen.

### *Untersuchung des Wassers für Brauereizwecke.*

Die biologische Untersuchung des Wassers ist nun vielfach nicht nur zur Konstatierung der guten hygienischen Beschaffenheit eines bestimmten Wassers erforderlich, sondern auch zur Feststellung der Verwendbarkeit eines Wassers für bestimmte praktische Zwecke, namentlich für Brauereizwecke. Bei dieser Untersuchung liegt der Schwerpunkt, wie Hansen[45] gezeigt hat, nicht darin, festzustellen, wie viel Keime oder Arten von Organismen in einem Wasser überhaupt vorhanden sind, sondern vielmehr darin, ob in dem betreffenden Wasser Keime vorhanden sind, welche in Würze oder Bier sich zu entwickeln und diese Flüssigkeiten ev. zu schädigen, zu verderben oder gesundheitsschädlich zu machen imstande sind. Um die Vorteile des festen, durchsichtigen Nährbodens verwerten zu können, lag es nahe, an Stelle der bei den hygienischen bakteriologischen Untersuchungen verwendeten Fleischwasserpeptongelatine eine Würze- oder auch Biergelatine zur Anwendung zu ziehen.

Bei vergleichenden Prüfungen desselben Wassers, welche Hansen mit beiden Gelatinen anstellte, fand er, daß z. B. mit der gewöhnlichen Gelatine 222 Keime, mit Würzegelatine aber nur 30 Keime im ccm gefunden wurden. Als er nun die in Würzegelatine gewachsenen Organismen hinsichtlich ihrer Entwickelungsfähigkeit in Würze und Bier prüfte, fand er weiter, daß nur äußerst wenige derselben die Würze und gar keine das Bier angriffen.

Auf diese Beobachtungen sich stützend, verfuhr Hansen dann bei der brautechnischen Analyse des Alt-Carlsberger Wassers in der Weise, daß er je 15 Kolben mit Würze und je 15 mit Bier füllte und jeden Kolben nach der Sterilisierung mit je einem Tropfen, 0,04 ccm Wasser, desgleichen 10 Kolben jeder Sorte mit je 0,25 ccm Wasser beschickte, danach umschüttelte und 14 Tage bei 24—25 ° C. stehen ließ. Waren nun sämtliche 15 mit je 0,04 ccm Wasser besäte Würzekolben trübe, so waren in 15 mal 0,04 ccm = 0,6 ccm Wasser mindestens 15 in Würze entwickelungsfähige Keime vorhanden; waren aber von den 15 Kolben beispielsweise nur 10 getrübt, so waren in der gleichen Menge Wasser nur 10 solche Keime enthalten, bei der Annahme, daß die Trübung jedes einzelnen

Kolbens durch je 1 Keim hervorgerufen war. Die Hansen'sche Methode ist mithin eine für Brauereizwecke angepaßte Modifikation der Miquelschen Methode zur quantitativen Bestimmung der Keime in Flüssigkeiten. Die für Untersuchungen von Wässern mit größerem Keimgehalt wenig geeignete, viel zu umständliche Miquel'sche Methode ist zur Feststellung der verhältnismäßig wenig zahlreichen Bier und Würze angreifenden Keime im Wasser wohl verwendbar. Eine nach dieser Methode im November ausgeführte Analyse ergab, daß aus 1 ccm Wasser in Würze 2,6 Vegetationen, in Bier aber gar keine Keime sich entwickelten.

Wichmann[46] hat dann, um festzustellen, einerseits die Zeit, binnen welcher die Trübungen in den Kölbchen auftreten, und andererseits die Energie, mit welcher die in einem Wasser vorhandenen Mikroorganismen Würze oder Bier anzugreifen vermögen, die Methode Hansen's dahin modifiziert, daß er zunächst, wie Hansen, 20 Kölbchen enthaltend je 10 ccm Würze und 20 weitere enthaltend je 10 ccm Bier mit je 1 Tropfen = 0,025 ccm Wasser beschickte, dann aber noch je ein weiteres Kölbchen mit 0,25, 0,50, 0,75 und 1 ccm Wasser versah. Er setzte nun das Zerstörungsvermögen eines Wassers, welches imstande war, die Würze in 24 Stunden, das Bier am 3. Tage in allen vier Kölbchen zu trüben, gleich 100. Für andere Wasserproben fand Wichmann das Zerstörungsvermögen, wenn er die Verdünnungsstufen der Würze (1, 2, 3, 4) mit einem konstanten Faktor multiplizierte, den er für Trübung am 1. Tage = 10, am 2. Tage = 8, am 3. = 6, am 4. = 4 u. s. w. setzte. Sind sämtliche 4 Kölbchen am 1. Tage getrübt, so ergiebt sich ein Zerstörungsvermögen des Wassers von

$$\begin{aligned} 1 \cdot 10 &= 10 \\ 2 \cdot 10 &= 20 \\ 3 \cdot 10 &= 30 \\ 4 \cdot 10 &= 40 \\ \hline &\ \ 100 \end{aligned}$$

Tritt die Trübung ein in Kölbchen 1 (erste Verdünnungsstufe, 10 ccm Würze + 1 ccm Wasser) am 2. Tage, in Kölbchen 2 (zweite Verdünnungsstufe, 10 ccm Würze + 0,75 ccm Wasser) am 3. Tage, in Kölbchen 3 (dritte Verdünnungsstufe, 0,50 ccm Wasser) ebenfalls am 3. Tage und in Kölbchen 4 (vierte Verdünnungsstufe, 0,25 ccm Wasser) am 4. Tage, so ergiebt sich als Zerstörungsvermögen jenes Wassers die Zahl

$$\begin{aligned} 1 \cdot 8 &= 8 \\ 2 \cdot 6 &= 12 \\ 3 \cdot 6 &= 18 \\ 4 \cdot 4 &= 16 \\ \hline &\ \ 54 \end{aligned}$$

Sind Kölbchen 1 am 1. Tage, Kölbchen 2, 3 und 4 am 2. Tage getrübt, so ergiebt sich ein Zerstörungsvermögen von

$$\begin{aligned} 1 \cdot 10 &= 10 \\ 2 \cdot 8 &= 16 \\ 3 \cdot 8 &= 24 \\ 4 \cdot 8 &= 32 \\ \hline &\ \ 82 \end{aligned}$$

Vorausgesetzt ist bei diesem Verfahren, daß die in Würze oder Bier wachsenden Organismen gleichmäßig durch die ganze Wasserprobe verteilt sind, was freilich durchaus nicht notwendig der Fall zu sein braucht.

1) **Hueppe**, *Die Methoden der Bakterienforschung* (1891) 456.
2) **Heim**, *Lehrbuch der bakteriologischen Untersuchung und Diagnostik, Stuttgart* 1894, 461.
3) **F. Tiemann** *und* **A Gärtner**, *Die chemische und mikroskopisch-bakteriologische Untersuchung des Wassers, Braunschweig* 1889, 31—33, 612; 4. *Auflage von Walter und Gärtner, Braunschweig* 1895, 40 *und* 669.
4) **Achille Sclavo**, *Di un nuovo apparecchio per la presa dell' acqua a profondità, Laboratori scientifici della direzione di sanità, Roma* 1892.
5) **Johnston Wyatt**, *Entnahme von Wasserproben für die bakteriologische Untersuchung, Canadian Record of sciences* 1892, *A. P.* (1892) 6. *Bd.* 719.
6) **Bernhard Fischer**, *Die Bakterien des Meeres nach den Untersuchungen der Plankton-Expedition* (1894) 7—9.
7) **Kirchner**, *Grundrifs der Militär-Gesundheitspflege* (1891) 105.
8) **Pfuhl**, *Ueber ein an der Untersuchungsstation des Garnisonlazareths Cassel übliches Verfahren zum Versenden von Wasserproben für die bakteriologische Untersuchung, C. f. B.* (1890) 8. *Bd.* 645.
9) **Max Neisser**, *Die mikroskopische Plattenzählung und ihre spezielle Anwendung auf die Zählung von Wasserplatten, Z. f. H.* (1895) 20. *Bd.* 119.
10) **Georg Mie**, *Eine Modifikation des Wolffhügel'schen Kolonien-Zählapparates, H. R.* (1894) 4. *Bd.* 294.
11) **Franz Lafar**, *Eine neue Zählvorrichtung für Plattenkulturen in Petrischalen, Zeitschrift f. Nahrungsmitteluntersuchung, Wien* (1893) *No.* 24, 429, *C. f. B.* (1894) 15. *Bd.* 331.
12) **B. Körber**, *Studien über die Verteilung der Bakterien-Kolonieen in Esmarch'schen Rollröhrchen, Z. f. H.* (1894) 16. *Bd.* 513.
13) **A. Reinsch**, *Zur bakteriologischen Untersuchung des Trinkwassers, C. f. B.* (1891) 10. *Bd.* 415.
14) **Jean Rossi**, *Contribution à l'étude bactériologique des eaux, Thèse, Genève* 1892.
15) **Herrmann Timpe**, *Ueber den Einflufs der Eiweifskörper auf die Reaktion der Nährböden, C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 845.
16) **R. Koch**, *Zur Untersuchung von pathogenen Organismen, Mitteilungen aus dem Kais. Gesundheitsamte* (1881) 1. *Bd.* 36.
17) **Fritz Pohl**, *Ueber Kultur und Eigenschaften einiger Sumpfwasserbacillen und über die Anwendung alkalischer Nährgelatine (aus Marpmann's Laboratorium in Leipzig), C. f. B.* (1892) 11. *Bd.* 141.
18) **Carl Hägler**, *Zur Agarbereitung, C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 558.
19) **R. Burri**, *Nachweis von Fäkalbakterien in Trinkwasser, H. R.* (1895) 5. *Bd.* 49.
20) **Fr. Schardinger**, *Beitrag zur hygienischen Beurteilung des Trinkwassers, C. f. B.* (1894) 16. *Bd* 853.
21) **Kutscher**, *Die während des Herbstes* 1894 *in den Gewässern Giefsens gefundenen Vibrionen, Z. f. H* (1895) 19. *Bd.* 461; *Die Vibrionen- und Spirillenflora der Düngerjauche, Z. f. H.* (1895) 20. *Bd.* 46.
22) **C. Flügge**, *Die Aufgaben und Leistungen der Milchsterilisierung gegenüber den Darmkrankheiten der Säuglinge, Z. f. H.* (1894) 17. *Bd.* 289.
23) **G. P. Drossbach**, *Methode der bakteriologischen Wasseruntersuchung, Chemiker-Zeitung* (1893) 17. *Jahrg.* 1483.
24) **G. P. Drossbach**, *Aus der bakteriologischen Praxis, C. f. B.* (1892) 12. *Bd.* 653.
25) **G. P. Drossbach**, *Plattenverfahren zur Reinkultur von Mikroorganismen aus flüssigen Nährböden, C. f. B.* (1893) 13. *Bd.* 455.
26) **M. W. Beyerinck**, *Ueber Atmungsfiguren beweglicher Bakterien, C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 827; *Notiz über den Nachweis von Protozoen und Spirillen im Trinkwasser, C. f. B.* (1894) 15. *Bd.* 10.
27) **M. Ogata**, *Ueber die Reinkultur gewisser Protozoen (Infusorien), C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 165.
28) **F. W. Gunning**, *Beiträge zur hygienischen Untersuchung des Wassers, A. f. H.* (1883) 1. *Bd.* 335.
29) **Miquel**, *Analyse micrographique des eaux, Paris* 1891 *cit. n. Frankland, Microorganisms in water* (1894) 182.
30) **A. Rodet**, *De l'importance de la température dans la détermination des espèces microbiennes en général et spécialement du bacille typhique, Comptes rendus hebdomadaires des séances de la société de biologie* (1889) *No.* 26, *C. f. B.* (1889) 6. *Bd.* 500.
31) **H. Schuschny** *und* **J. v. Fodor**, *Ueber die Wirkung des reinen und verunreinigten Trinkwassers, A. f. H.* (1885) 3. *Bd.* 118.
32) **G. Gaffky**, *Experimentell erzeugte Septikämie mit Rücksicht auf progressive Virulenz und akkommodative Züchtung, Mitteilungen a. d. Kais. Ges.-Amt* (1881) 1. *Bd.* 123.
33) **Rintaro Mori**, *Ueber pathogene Bakterien im Kanalwasser, Z. f. H.* (1888) 4. *Bd.* 47.
34) **Giuseppe Sanarelli**, *Ueber einen neuen Mikroorganismus des Wassers, welcher für Tiere mit veränderlicher und konstanter Temperatur pathogen ist, C. f. B.* (1891) 11. *Bd.* 193, 222.

35) **Ernst**, *Die Frühlingsseuche der Frösche und ihre Abhängigkeit von Temperatureinflüssen, Beiträge zur patholog. Anatomie und allgem. Pathologie* (1890) 8. *Bd.* 203.
36) **Lortet** *und* **Despeignes**, *Recherches sur les microbes pathogènes des eaux potables distribuées à la ville de Lyon, Revue d' hygiène Vol.* 12 *No.* 5.
37) **Despeignes**, *Étude expérimentale sur les microbes des eaux avec applications à l' hygiène sanitaire de la ville de Lyon, Paris* 1891.
38) **G. Roux**, *Précis d' analyse microbiologique des eaux, Paris* 1892.
39) **Lortet**, *Die pathogenen Bakterien des tiefen Schlammes im Genfer See, ref. C. f. B.* (1891) 9. *Bd.* 709.
40) **Lortet**, *Microbes pathogènes des vases de la Mer Morte, Lyon méd.* (1891) *No.* 33, *ref. C. f. B.* (1891) 10. *Bd.* 567.
41) **R. Pasquay**, *Ueber pathogene Bakterien im Münchener Kanalwasser, Forschungsberichte über Lebensmittel und ihre Beziehungen zur Hygiene* (1895) 226, *C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 889.
42) **Blachstein**, *Contribution à l' étude microbique de l' eau, A. P.* (1893) 7. *Bd.* 689.
43) **S. Winogradsky**, *Recherches sur les organismes de la nitrification* 4 ième *mémoire. A. P.* (1891) 5. *Bd.* 92; 5 ième *mémoire l. c.* 577.
44) **W. Kühne**, *Kieselsäure als Nährboden für Organismen, Zeitschrift für Biologie, Neue Folge* (1890) 9. *Bd.* 73.
45) **Emil Chr. Hansen**, *Methode zur Analyse des Brauwassers in Rücksicht auf Mikroorganismen, Zeitschrift für das ges. Brauwesen* (1888) *No.* 1, *Orig.-Ref. C. f. B.* (1888) 3. *Bd.* 377.
46) **H. Wichmann**, *Biologische Untersuchung des Wassers für Brauereizwecke, Mitteilungen der österr. Versuchsstation f. Brauerei u. Mälzerei* (1892) 5. *Heft, Ref. C. f. B.* (1893) 13. *Bd.* 207.

---

# V. Das Wasser in seinem Kreislauf und die Mikroorganismen. Die Wandlungen in den Anschauungen über den Wert der bakteriologischen Untersuchung für die Beurteilung der Wässer.

## *a. Niederschlagswasser (Meteorwasser).*

Durch zahlreiche einwandsfreie Untersuchungen ist festgestellt, daß das aus keimreichen Substraten verdampfende Wasser frei ist von Mikroorganismen. Gleichwohl ist das Wasser, welches durch Kondensation aus den Wasserdämpfen der Luft entsteht, niemals keimfrei, weil die Luft stets eine größere oder geringere Menge von Keimen enthält, welche durch mechanische Momente, namentlich die Winde von der Erdoberfläche emporgehoben und in derselben verteilt werden.

Bei den Versuchen von Rigaud de l'Isle, Moscati, Broschi, Julia, Lemaire, Balestra, welche die Malariakeime über Sümpfen durch Kondensation von Wasserdämpfen auf Glasplatten oder Glaskugeln, welche unter den Taupunkt der Luft abgekühlt waren, aufzufinden sich bemühten, wurden in dem Kondenswasser stets Keime der verschiedensten Art, Mikrophyten und Mikrozoen, gefunden.

In atmosphärischen Niederschlägen fand Ehrenberg bereits im Jahre 1830 Sporen von Pilzen. Auf dem Observatorium in Montsouris fand Miquel während der Jahre 1883—86 durchschnittlich 4,3 Bakterien und 4 Schimmelpilze pro ccm Niederschlag. Frisch gefallener Schnee, sowie auch Hagelkörner sind stets bakterien- und pilzsporenhaltig befunden worden.

Janowski[1] fand in Kiew im frisch gefallenen Schnee bei Außentemperaturen bis zu —16,2° Mengen von Bakterien, welche sich auf 34 bis 384 Keime für 0,5 ccm Schmelzwasser beliefen, Schmelck[2] in Norwegen in dem Schnee eines Gletschers, des bis zu ca. 2000 m sich erhebenden Jostedalsbrä in 1 ccm Schmelzwasser 2 Bakterienkolonien und 2 Schimmelpilze, und in einer anderen Probe 2 Bakterienkolonien. Unter dem Mikroskope wurden „Reste von Pflanzen und Insekten nebst rotem Schnee, Schimmelpilzen und hefenartigen Formen“ gefunden. Die Bakterienkolonien gehörten nur einer Art, einem dem Bacillus liquefaciens fluorescens ähnlichen Bacillus an, während Janowski in Kiew viele verschiedene Arten fand, unter welchen drei Kokkenarten vorwogen.

Bujwid[3] fand in riesigen, 6 cm langen und 3 cm dicken, im Mai des Jahres 1887 in Warschau gefallenen Hagelkörnern 21000 Bakterien im ccm Schmelzwasser, welche zahlreichen Arten angehörten, unter welchen er den Bacillus fluorescens liquefaciens, Bacillus fluorescens putridus und einen neuen, einen violetten Farbstoff erzeugenden Bacillus, vermutlich Bacillus ianthinus, hervorhob.

Foutin[4] untersuchte im Juli 1888 in Petersburg ein walnußgroßes Hagelkorn. 1 ccm des aus demselben gewonnenen Tauwassers enthielt 729 Bakterienkeime, welche 9 verschiedenen Bakterienarten angehörten. Von ihnen waren 5 bereits bekannte (Bacillus mycoides, Bacillus liquefaciens, Bacillus luteus, Sarcina lutea und Sarcina aurantiaca), 4 noch nicht beschriebene Arten, 2 Bacillen und 2 Kokkenarten, von welchen eine Art sich bei intraperitonealer Injektion größerer Mengen für Ratten pathogen erwies.

Bei der Untersuchung von Hagelkörnern, welche im Februar 1894, in Greifswald in sterilisierten Schälchen aufgefangen waren, fand Abel in jedem Korn eine zwischen 40 und 300 schwankende Zahl von Bakterien, von welchen mehrere, wie z. B. der wurzelförmige Bacillus, zu den Bakterien des Erdbodens gehörten.

In den Niederschlägen werden wir mithin gelegentlich alle die an der Erdoberfläche vorkommenden Keime, welche das Austrocknen vertragen können, wiederfinden. Eine Verbreitung von pathogenen Keimen durch Niederschläge ist deshalb natürlich ebenfalls nicht ausgeschlossen, praktisch aber wohl ohne größere Bedeutung, da das Niederschlagswasser für gewöhnlich nur zu häuslichen Zwecken, wegen seines Mangels an Kalksalzen besonders zum Waschen gebraucht wird. Als Trinkwasser wird es nur an wenigen Orten verwendet, an welchen anderes trinkbares Wasser nicht zur Verfügung steht, so z. B. in den Marschen an der Nordseeküste, ferner in Venedig, wo das Grundwasser brackig ist, und in Arabien, in dem heißen, trockenen Aden, wo Grundwasser fast ganz fehlt. Das Niederschlagswasser wird an diesen Orten in sog. „Bakken“ oder Cisternen gesammelt. Natürlich nimmt es, abgesehen von den Keimen. welche es aus der Luft ausgewaschen hat, überall da, wo es niedergefallen ist, z. B. von den Dächern der Häuser, die daselbst lagernden Keime auf. Das Wasser in den Cisternen wird daher sehr reich an Keimen sein; auch an Nährstoffen fehlt es darin nicht, da Ammoniak, Salpetersäure und salpetrige Säure ebenfalls aus der Luft ausgewaschen werden. Sehr häufig tritt dann auch, namentlich bei höherer Sommertemperatur, eine Art Gärung in dem Wasser ein, Das Wasser „kehrt sich“, wie das Volk sagt. Welche Bakterienarten diese Gärung vorzugsweise bedingen, ist bisher nicht untersucht. Das in Gärung befindliche Wasser soll

Verdauungsstörungen hervorrufen. Sobald aber der Prozeß zu Ende ist, wird das Wasser wieder klar und gebrauchsfähig. Es bildet sich ein Bodensatz in der Cisterne. Ist nun das Wasser in trockener Zeit bis nahe an diesen Bodensatz verbraucht, so wird dieser bei dem jedesmaligen Schöpfen aufgerührt. Der Genuß dieses mit den Satzteilen verunreinigten Wassers ist dann wieder gesundheitsschädlich. Nach den Untersuchungen Prestel's, über das Regenwasser als Trinkwasser der Marschbewohner (Vierteljahrsschrift f. gerichtl. Medizin, N. F. 16. Bd. 1872) macht sich das Eintreten dieses Momentes sofort in einem statistisch nachweisbaren Ansteigen der Morbidität in den ostfriesischen Küstengegenden bemerklich.

### *b. Oberflächenwasser.*

Das Oberflächenwasser, das Wasser der Bäche, Flüsse, Teiche, Seen und Meere, hat einen mehr oder weniger reichen Mikroorganismengehalt. Die Beschaffenheit der Umgebung, namentlich das Vorhandensein zahlreicher menschlicher Wohnstätten, die Temperatur, die Ruhe und Bewegung der Wassermassen beeinflussen die Zahl und Art der Mikroorganismen in überaus mannigfaltiger Weise. Große Niederschlagsmassen schwemmen die an der Erdoberfläche angehäuften bakterienreichen Schmutzstoffe in die offenen Wässer hinein. Beim Anschwellen der Flüsse zur Zeit der Schneeschmelze in den Gebirgen werden mit dem Hochwasser gewaltige Organismenmassen von der sonst nicht mit Wasser bedeckten Umgebung losgerissen und fortgeführt. Die Industrien mit ihren meist außerordentlich bakterienreichen Abwässern führen den offenen Wässern enorme Mengen derselben zu. Es hieße Eulen nach Athen tragen, ziffernmäßige Belege für den Einfluß aller dieser Momente liefern zu wollen. Wenn trotz aller dieser zahlreichen Verunreinigungsquellen die Oberflächenwässer trotzdem eine gewisse Reinheit wiedererlangen, so müssen gewichtige Faktoren auf die Beseitigung der in dieselben eingeführten Schmutzstoffe einwirken. Einer der wichtigsten dieser Faktoren ist die Sedimentierung, welche besonders da, wo die Strömung sich verlangsamt oder aufhört, z. B. in seeartigen Erweiterungen der Flußläufe, zur Geltung gelangt, demnächst die von Buchner als wichtiger Faktor erkannte und experimentell erwiesene Einwirkung des Lichtes, namentlich des direkten Sonnenlichtes. Die Einwirkung des Sonnenlichtes macht es verständlich, daß die obersten Wasserschichten im Meere (Fischer [5]) in der Regel weniger bakterienreich gefunden sind als die Schichten in größerer Tiefe.

Da alle Oberflächenwässer den verschiedenartigsten Verunreinigungen ausgesetzt sind, so sind sie auch stets, vorzugsweise naturgemäß da, wo Abgänge von Tieren und Menschen in größeren Mengen ihnen beigemischt sind, d. h. innerhalb und unterhalb von Ortschaften, als infektionsverdächtig anzusehen, ohne Rücksicht auf ihren Gesamtgehalt an Mikroorganismen. Derartige Wässer können daher niemals ohne weiteres für die Wasserversorgung Verwendung finden.

### *c. Grundwasser.*

Die in den Boden eingedrungenen Niederschläge wandern nun allmählich in die Tiefe, bis sie auf eine undurchlässige

Schicht kommen. Auf dieser sammeln sie sich an und stagnieren dort oder aber sie fließen, falls die undurchlässige Schicht geneigt ist, dem Gesetz der Schwere folgend, in den dieser Schicht aufliegenden grobporigen Bodenschichten, meist Sanden oder Kiesen, thalwärts, sinken dann, wenn die undurchlässige Schicht aufhört, weiter in die Tiefe oder treten, falls diese an der Erdoberfläche ausstreicht, als Quellen zu Tage.

Die oberen, humusreichen Bodenschichten sind erfüllt mit einer unendlichen Menge der verschiedenartigsten Mikroorganismen. Das in diesen befindliche Wasser wird daher auch unzählbare Mengen derselben enthalten. Ueberall da, wo die erste undurchlässige Schicht dicht unter der Oberfläche sich befindet, wird daher das auf derselben stehende Wasser reich an Mikroorganismen sein. In der Tiefe von 2—3 m hören im gewachsenen Boden die Mikroorganismen auf. Das Wasser, welches diese Schichten durchwandert hat, ist, wie namentlich die Untersuchungen C. Fraenkel's[6] ergeben haben, keimfrei. Selbst in einem durch Abfallstoffe stark verunreinigten Untergrunde, wie in dem der Stadt Berlin, ist das Grundwasser keimfrei. Die ausgezeichnete filtrierende Kraft des Bodens im Verein mit der nach der Tiefe zu niedriger werdenden und gleichmäßig niedrig bleibenden Temperatur und dem höheren Kohlensäuregehalt der Grundluft bewirken diese durch das Experiment vielfach erwiesene Keimfreiheit der Grundwässer. Diese Thatsache erschien anfangs sehr überraschend, weil man gewissermaßen mit der Vorstellung verwachsen war, daß die tieferen Bodenschichten eines von oben her stark verunreinigten Bodens die Brutstätten der verschiedensten Krankheiten darstellten.

Der natürliche Instinkt des Menschen hatte freilich schon von jeher erkannt, daß das der Erde entstammende Wasser für die Wasserversorgung ganz vorzüglich geeignet sei. Daher hat man denn auch von jeher das aus der Tiefe als Quelle zu Tage tretende Wasser oder auch die in der Tiefe lagernden Wasserschätze durch Brunnen für dieselbe nutzbar gemacht.

### *d. Quellen.*

Die bakteriologischen Untersuchungen zahlreicher Quellwässer haben ergeben, daß dieselben meist außerordentlich keimarm sind, ja sogar völlig keimfrei sein können. Andererseits aber fehlt es auch nicht an Beobachtungen, welche darthun, daß Quellwässer unter Umständen sehr bakterienreich sein können, wenn nämlich durch Risse und Spalten in dem Gestein, aus welchem sie entströmen, denselben Tagewässer zufließen. Das Wasser einer Quelle kann daher nicht etwa deshalb, weil es aus der Tiefe des Bodens stammt, als gegen jede Infektion geschützt angesehen werden. Mehrfach ist beobachtet worden, daß Genuß von Quellwässern zu Infektionen Anlaß gegeben hat.

Anläßlich einer heftigen Typhusepedemie, welche in den Jahren 1887 bis 1888 in Havre 697 Opfer forderte, untersuchte Thoinot[7] die Wasserversorgungsverhältnisse dieser Stadt. Dieselbe wird von Quellen gespeist, welche aus dem Plateau von Gainneville entspringen, 49 m unter der Oberfläche desselben. Die Epidemie war ausgebrochen, nachdem die Besitzer der Ländereien auf dem Plateau von Gainneville zum ersten Male mit Fäkalien aus Havre gedüngt hatten. Es hätten dem-

nach die Typhusbacillen eine mächtige Kreideschicht durchsunken haben müssen, um in die Quellen zu gelangen.

Thoinot untersuchte nun eine dieser Quellen, die Quelle von Sanvic, welche in einem 80 m tiefen Tunnel aus der Kreide hervorsprudelte, mit allen Vorsichtsmaßregeln auf ihren Keimgehalt; die Höhe der Kreideschicht über der Quelle betrug 20—25 m. Er fand, daß ihr Wasser nicht keimfrei war, sondern zwischen 42000 und 470000 Keime per Liter enthielt, welche verschiedenen Arten angehörten — ein Beweis dafür, daß die Kreideformation ein unvollkommenes Filter darstellt, welches nicht imstande ist, selbst bei großer Mächtigkeit das Grundwasser gegen pathogene auf die Oberfläche aufgebrachte Keime zu schützen.

Auf dem VIII. internationalen Kongresse für Hygiene und Demographie zu Budapest teilt Gärtner[8] eine ähnliche Beobachtung mit. Um über die Entstehung einer ausgebreiteten Typhusepidemie Auskunft zu geben, war er nach Soest gerufen. „Mitten in der Stadt entspringt eine mächtige Quelle, die sofort als „Soestbach" die Stadt durchfließt und Mühlen treibt. Vielleicht 200 m von jener Quelle hatte man einen 17 m tiefen Brunnen durch den schwer durchlässigen, Sole führenden Lehm in den zerklüfteten Mergelkalkstein getrieben. In dieser Tiefe war eine wasserführende „Kluft" getroffen, aus welcher das Wasser hervordringt. Die Stadt gebraucht täglich 2000 cbm, das übrige fließt in den Soestbach. Man hätte a priori annehmen sollen, das Wasser sei keimfrei, es enthielt jedoch, in der Tiefe mit allen Vorsichtsmaßregeln von vier verschiedenen Untersuchern zu verschiedenen Zeiten geschöpft, je nach der Witterung 20—2000 Bakterien im Kubikcentimeter. Dieser auffällige Befund erklärt sich dadurch, daß das Wasser dem Gebiete des Haarstranges und des Möhnethales entstammt, wo das zerklüftete Kalkgestein oft nur von einer 25 cm dicken Schicht vou Humus überlagert ist — Ackerland —. Das Regenwasser nimmt also die Bakterien des Ackers direkt mit in die Klüfte hinein. Zu gewissen Zeiten dringen aus der 17 m tiefliegenden Kluft so viel Flohkrebse (Gammarus) heraus, daß sie vor den Pumpen abgesiebt werden müssen".

Besonders lehrreich sind die Beobachtungen, welche gelegentlich einer in Lausen, einem Dorfe des Kantons Basel, im Jahre 1872 ausgebrochenen Typhusepidemie von A. Haegler[9] gemacht worden sind. Die Einwohner dieses Dorfes bezogen ihr Wasser teils aus eigenen Brunnen, teils aus öffentlichen Quellbrunnen, welche mit dem Wasser einer in der Nähe des Dorfes am Fuße eines Berges, des Stockhalden, entspringenden Quelle gespeist wurden. Schon eine Reihe von Jahren vor dem Ausbruch der Typhusepidemie hatte man festgestellt, daß die Lausener Quellen mit einem jenseits des Stockhalden fließenden Bache, dem Furlerbache, kommunizierten, daß namentlich, wenn die am Furlerbach gelegenen Wiesen mit dem Wasser dieses Baches berieselt wurden, die Quellen in Lausen reichlicher flossen. Ein am Furlerbach in einem einsamen Gehöfte wohnender Bauer war nun, von einer Reise zurückgekehrt, schwer an Typhus erkrankt. Auf demselben Gehöfte erkrankten in der Folge dann noch 3 andere Personen. Die Dejektionen wurden auf den Mist geworfen oder in den Bach geschüttet und die Wäsche im Bache gewaschen. Gerade in dieser Zeit fand die Irrigation der Wiesen statt mit dem Wasser des Baches, nachdem dieser das Typhusgehöft

passiert hatte. 3 Wochen später begannen die Typhuserkrankungen in Lausen. Im ganzen erkrankten 130 Individuen, und zwar nur solche, welche aus den Quellbrunnen ihren Bedarf entnommen hatten. Von den mit eigenen Brunnen versehenen Gehöften erkrankte Niemand. Dr. Haegler, welcher die Entstehung der Epidemie richtig erkannt hatte, leitete nun, um die Kommunikation des Furlerbaches mit den Lausener Quellen direkt zu beweisen, den Bach in ein neben dem Typhusgehöft vorhandenes Loch; 3 Stunden darauf flossen die Brunnen in Lausen reichlicher. Er schüttete 2000 Maß Soole in das Loch; bald darauf konnte er reichlich Kochsalz in den Lausener Brunnen nachweisen. Es wurden dann noch 50 Centner Mehl in das Loch geschüttet, aber in die Brunnen gelangte nichts davon. Wenn nun auch die Stärkezellen durch den Boden zurückgehalten sind, so ist das mit den unendlich viel kleineren Typhuserregern sicher nicht der Fall gewesen. Hätte man statt des Mehles große Mengen leicht nachweisbarer Bakterien in das Loch geschüttet — wie man es später bei der Prüfung von Wasserfiltern gemacht hat —, so würde voraussichtlich das Hineingelangen dieser Organismen in die Lausener Quellen sich leicht haben erweisen lassen.

### e. Brunnen.

Sehr viel häufiger als die Quellen haben die Brunnen zu Infektionen Anlaß gegeben, in der Mehrzahl der Fälle nicht sowohl, wie man nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse sagen kann, deshalb, weil das Grundwasser an sich unrein gewesen ist, als vielmehr deshalb, weil sie entweder, schlecht konstruiert, den Verunreinigungen von der Oberfläche her ausgesetzt gewesen sind oder weil man in der Nähe der Brunnen Abfallstoffe bis in die wasserführenden Schichten hineingelangen ließ, welche dann, dem Strome des Wassers nach den Brunnen zu folgend, diese mit Jauche- oder Fäkalstoffen verunreinigten. In den mit Wasser erfüllten Poren der tieferen Bodenschichten findet eine so energische Abfiltrierung der Keime nicht statt wie in den oberen Schichten, deren Poren, mit feinsten Partikelchen zugeschlemmt, selbst die winzigsten Mikroorganismen zurückzuhalten vermögen. Sobald daher die schützende oberflächliche Schicht durchbrochen ist, sind die tieferen, sonst bakterienfreies Grundwasser führenden Schichten der Ueberschwemmung mit Mikroorganismen preisgegeben.

Sehr vielfach ist bei solchen Brunnen, welche im Verdacht standen, zu Typhus-Infektionen Anlaß gegeben zu haben, der Nachweis geliefert worden, daß sich in ihrer unmittelbaren Nähe Abort- oder Jauchegruben befunden haben, sog. Schwindgruben, deren flüssige Bestandteile in die tieferen Bodenschichten und somit in das Grundwasser hineingingen.

Die von C. Fraenkel in Berlin und Potsdam, von Reimers in Jena konstatierte Keimfreiheit des Grundwassers in etwa 4 m Tiefe braucht nun natürlich nicht überall in jedem Boden zu bestehen. In grobporigem Geröll und Schotterboden, in welchem nicht sämtliche gröbere Poren durch feinste Partikelchen verschlemmt sind, werden Niederschläge schnell nach abwärts wandern und Keime aus den oberen Bodenschichten möglicherweise bis in größere Tiefen hinabführen können. Nur da, wo alluviale und diluviale Schichtungen intakt erhalten sind, wird man mit ziemlicher Sicherheit auf ein keimfreies Grundwasser rechnen können. Ist aber der Boden in früheren Zeiten umgewühlt,

von alten, für Ableitung von Abwässern oder für Zuführung von Trinkwasser dienenden Kanälen durchzogen, welche später verfallen sind, so wird man in dem Untergrunde solcher Oertlichkeiten auf keimfreies Grundwasser nicht rechnen können. Ein klassisches Beispiel hierfür bietet die Stadt Stralsund, deren Untergrund von mehrere Jahrhunderte alten Wasserzuführungskanalsystemen durchzogen ist. Aus diesen Wasserleitungen wurde mittels Brunnen das Wasser auf den einzelnen Gehöften entnommen. Als dann die Kanäle ihrem Zwecke, der Wasserzuleitung nicht mehr dienten, verfielen sie, stellenweise wurden sie zugeschüttet, stellenweise nicht. Die vorhandenen Brunnen aber wurden vielfach als Aborte benutzt. Von diesen aus wurde dann vermittels der zum Teil noch erhaltenen, aber defekten Kanäle andauernd das Grundwasser mit Fäkalstoffen imprägniert. Daß bei derartigen Zuständen Stralsund einer der gefürchtetsten Typhusherde wurde, kann nicht überraschen. Da das Grundwasser für die Wasserversorgung unbrauchbar war, mußte sich die Stadt entschließen, um diese Mißstände zu beseitigen, ein gut filtriertes Wasser aus einem unfern der Stadt gelegenen See den Bewohnern zuzuführen.

Je tiefer aus dem Boden die Wassermassen entnommen werden, um so geringer wird die Möglichkeit, daß irgendwelche Bakterien von der Oberfläche her auf irgend eine Weise in dieselben hineingelangen können. Die sog. Tiefbrunnen werden daher in der Regel ein keimfreies, vor Infektion gesichertes Wasser liefern.

Daß aber unter Umständen selbst die aus großen Tiefen emporsteigenden Wässer keimreich sein können, lehren die an artesischen Brunnen gemachten Beobachtungen. Mehrfach ist das Wasser aus solchen Brunnen durchaus nicht keimfrei, sondern im Gegenteil ziemlich reich an Mikroorganismen gefunden worden. Besonders interessant sind die Beobachtungen, welche an derartigen Brunnen in der Wüste Sahara in der Nähe von Biskra gemacht worden sind. Zu wiederholten Malen ist mit Sicherheit konstatiert worden, daß mit dem aus 60 und mehr Metern Tiefe hervorquellenden Wasser Mollusken und auch kleine Fische ausgeworfen wurden, Beobachtungen, welche beweisen, daß das in der Tiefe der völlig wasserlosen Wüste erbohrte Wasser wirklichen unterirdischen, von oberirdischen, weit entfernten Flußläufen gespeisten Wasserläufen und nicht etwa an jenen Orten angesammelten Grundwassermassen entstammt. Daß auch in der norddeutschen Tiefebene ähnliche Verhältnisse obwalten können, beweisen die bei der Erbohrung eines Tiefbrunnens in Schneidemühl beobachteten Erscheinungen. Mit elementarer Gewalt brachen plötzlich aus der Tiefe derartige Wassermassen hervor, daß ein Teil der Stadt schwer gefährdet wurde. Diese Wassermassen entstammten ohne Zweifel einem mehrere Meilen entfernten See, dessen Spiegel sich infolge des in Schneidemühl ausströmenden Wassers merklich senkte. Daß dieses Wasser nicht keimfrei gewesen ist, liegt auf der Hand. Bakteriologische Untersuchungen über dessen Keimgehalt scheinen leider nicht angestellt worden zu sein.

Es erhellt aus derartigen Beobachtungen, wie unrichtig es wäre, die für bestimmte Bodenformationen und Bodenverhältnisse als zuverlässig richtig erwiesene Thatsache der Keimfreiheit des tiefen Grundwassers ohne weiteres als ein überall, womöglich für die ganze Erde geltendes Gesetz proklamieren zu wollen.

Wenn nun das Grundwasser in der norddeutschen Tiefebene bei 4 und mehr Meter Abstand von der Bodenoberfläche in der Regel als

keimfrei anzusehen ist, so müßte die Mehrzahl der Brunnen ein keimfreies Wasser liefern.

Es frägt sich nun, zu welchen Ergebnissen hat die an überaus zahlreichen Orten durchgeführte bakteriologische Untersuchung der Brunnen geführt?

Wenn man die Ergebnisse dieser Untersuchungen, welche zu einem erheblichen Teile in dem umfassenden Werke von Tiemann-Gaertner-Walter mit großer Sorgfalt zusammengestellt sind, überblickt, so fällt zunächst die Thatsache auf, daß es Brunnen, welche keimfreies Wasser liefern, nur in auffallend geringer Zahl giebt. Die Zahl der in 1 ccm gefundenen Keime ist eine außerordentlich wechselnde, zwischen einigen wenigen und vielen Tausenden variierende. Auch das Wasser desselben Brunnens liefert bei wiederholten Untersuchungen häufig differierende Ergebnisse. Weisen die in vielen Brunnen gefundenen höheren Keimzahlen auf Verunreinigungen von außen hin, oder wie sind sie zu deuten?

Der Bakteriengehalt der Brunnen ist bedingt durch verschiedene Ursachen. Bei der Herstellung des Brunnens, bei der Erbohrung oder Ausschachtung desselben gelangen Erdmassen aus den oberen Bodenschichten in die Tiefe. Da in denselben zahlreiche Dauerformen, Sporen vorhanden sind, so werden diese sich lange Zeit in dem im Brunnen angesammelten Wasser lebensfähig halten und nur langsam verschwinden. Daher wird man in frisch angelegten Brunnen anfangs stets einen höheren Keimgehalt konstatieren können und zwar in Flachbrunnen ebenso wie auch in Tiefbrunnen. Die Zahl der bei der Herstellung in den Brunnen hineingelangten Keime wird aber stetig abnehmen. Zum Teil werden die Keime durch das nachströmende Grundwasser herausgeschwemmt, zum Teil gehen sie in dem Wasser in der Tiefe zu Grunde. Das Wasser müßte also keimfrei werden, wenn nicht andere Momente dies verhinderten. In den Brunnen, seien es Kessel- oder Röhrenbrunnen, steht immer ein gewisses Quantum Wasser. In stagnierendem Wasser vermögen sich selbst bei niedrigen Temperaturen manche Bakterienarten zu vermehren. Wird also ein Brunnen selten gebraucht, so wird die Vermehrung im Pumpenrohr oder im Kessel selbst begünstigt. Bei Untersuchung von Wasserproben aus einem Brunnen nach längerer Nichtbenutzung werden daher meist recht zahlreiche Bakterien gefunden werden, deren Zahl bei fortdauerndem Pumpen infolge des nachströmenden keimfreien Grundwassers dann wieder abnehmen wird. Gar nicht selten aber wird man wahrnehmen, daß die Zahl nicht ab-, sondern zunimmt. Deutet nun ein solcher Befund auf das Zuströmen eines keimreichen, verunreinigten Grundwassers hin? Keineswegs. Die Keime können von den Wandungen der Rohre bei stärkerem Pumpen losgelöst werden. Die Art des Pumpenrohres ist dabei von Bedeutung. Alte Holzrohre geben Anlaß zur Entwickelung zahlreicher Mikroorganismen an ihren äußeren und inneren Flächen. Aber auch in eisernen Rohren bilden sich Bakterienüberzüge, welche beim Pumpen sich nach und nach loslösen und fortwährend zum Beladen des die Rohre durchströmenden Wassers mit Bakterien Anlaß geben. Diese Anhäufungen von Bakterien auf der Innenfläche der Pumpwerke haften bisweilen so fest, daß sie nicht durch Pumpen, sondern nur durch kräftige mechanische Manipulationen, Ausreiben oder Ausbürsten, oder durch Anfüllen des Pumpenrohres mit starken Desinficientien (z. B.

einer 3-proz. Karbolschwefelsäurelösung — C. Fraenkel[6]) vernichtet werden können.

Haften nun schon an den Pumpenrohren zahlreiche Keime, um wie viel mehr werden die Wandungen der Brunnenkessel von derartigen Vegetationen bedeckt sein.

Demnach sind schon in den normal konstruierten, mit undurchlässiger Bedeckung und undurchlässigen Seitenwandungen bis in die grundwasserführende Schicht, sowie mit intaktem Pumpapparat versehenen Brunnen zahlreiche Ursachen für das Auftreten von Bakterien in dem ausgepumpten Wasser gegeben trotz Vorhandenseins keimfreien Grundwassers.

In einer nicht geringen Zahl von Fällen ist aber die Quelle des Bakterienreichtums eines Brunnenwassers zu suchen nicht sowohl in dem Loslösen der Vegetationen von den Pumpenwandungen oder in einer Vermehrung mancher Arten in dem im Brunnen stehenden Wasser, als vielmehr darin, daß verunreinigende Zuflüsse von außen her in die schlecht konstruierten Brunnen hineingelangen.

Wie viele von den älteren, allerorten noch im Gebrauche befindlichen Brunnen sind denn normal konstruiert? Die Bedeckungen sind schadhaft und undicht, die Wandungen sind absichtlich nicht fest gefugt, um dem seitlich zuströmenden Wasser Eingang in den Kessel zu gewähren, oder sie sind, wenn sie gut gemauert gewesen waren, von Rissen und Spalten durchsetzt. Der Abfluß des ausgepumpten Wassers ist nicht geregelt, sodaß dieses dicht am Brunnenrohr, häufig mit Schmutzstoffen beladen, stagniert und in den Brunnen zurückfließt. Auch sind die Pumpenrohre morsch oder vermodert — kann es da überraschen, wenn trotz keimfreien Grundwassers zahlreiche Mikroorganismen in dem zu Tage geförderten Wasser gefunden werden?

Nachdem wir gesehen haben, daß jede Brunnenanlage trotz keimfrei zuströmenden Grundwassers aus den verschiedensten Gründen ein bald mehr, bald weniger keimreiches Wasser liefert, drängt sich uns naturgemäß die Frage auf: hat denn nun die bakteriologische Untersuchung einer aus einer Brunnenanlage entnommenen Wasserprobe eine Bedeutung für die hygienische Beurteilung derselben, und welche?

Seit Alters her ist es gebräuchlich, dem Hygieniker oder dem Medizinalbeamten einige wohl versiegelte Flaschen mit Wasser zu übersenden und von ihm auf Grund der Untersuchung dieser Wasserproben ein Urteil über die Verwendbarkeit des betreffenden Wassers für Trink- und Gebrauchszwecke zu verlangen. Früher entschied allein die chemische Analyse über den Wert oder Unwert des Wassers. Trotz der scharfsinnigsten Methoden, welche nach und nach ausgebildet wurden, standen aber häufig die Ergebnisse der Analyse nicht im Einklang mit den faktischen Verhältnissen.

Als dann die bakteriologischen Untersuchungsmethoden promulgiert wurden, atmete Alles auf. Denn man glaubte nunmehr, die allseitig gewünschte nnd erhoffte Grundlage für die Beurteilung der Wässer, im besonderen der Brunnenwässer, um deren Begutachtung es sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle handelte, gefunden zu haben.

Die Wandlungen, welche die Anschauungen über den Wert der bakteriologischen Untersuchungsmethode in den drei Lustren seit ihrer Einführung in die Untersuchungstechnik auf Grund der rapid anwachsenden Erkenntnis der Biologie der niedersten Organismen erfahren

haben, sind außerordentlich interessant und lehrreich. Wir wollen daher kurz ihre einzelnen Phasen verfolgen.

Anfänglich glaubte man, daß die Zahl der in einem Wasser nachgewiesenen entwickelungsfähigen Keime von ausschlaggebender Bedeutung wäre für dessen Güte. Zahllose Untersuchungen haben, wie wir gesehen haben, in der That ergeben, daß gute, vor äußeren Verunreinigungen geschützte Wässer in der Regel nur eine geringe Zahl von Keimen im ccm enthalten. Ein keimarmes Wasser wurde daher als ein gutes, ein keimreiches als ein schlechtes bezeichnet. Aber der Satz, daß nun ein keimreiches Wasser unbedingt ein schlechtes sein müsse, erwies sich sehr bald als nicht zutreffend. Die übereinstimmenden Untersuchungen zahlreicher Forscher, Cramer, Leone, Bolton, Wolffhügel, Riedel, Miquel, Frankland und anderer, lehrten, daß ein an Keimen sehr armes Wasser, wenn es einige Zeit, namentlich bei höherer Temperatur, gestanden, innerhalb weniger Stunden oder Tage einen enorm hohen Keimgehalt erlangen kann, daß es, wie wir gesehen haben, eine nicht geringe Zahl von Bakterien giebt, welche in einem sehr reinen, an organischen Stoffen armen Wasser sich geradezu ins Ungemessene vermehren können. War nun das Wasser dadurch, daß es jetzt eine gewaltige Menge von Bakterien enthielt, zu einem schlechten Wasser geworden? Ohne Zweifel nein! Es waren ja nur harmlose Saprophyten darin, von welchen wir Millionen ebenso ohne Schaden in unseren Körper einführen können, wie die Millionen von Saprophyten, welche an einem Stück Käse haften oder in einem Löffel saurer Milch enthalten sind. Andererseits ergab denn auch eine einfache Ueberlegung, daß, wenn unter den wenigen in einem Wasser gefundenen Keime sich pathogene befanden, dieses Wasser trotz seiner geringen Keimzahl keineswegs als ein gutes bezeichnet werden konnte. Die Menge der Keime an sich konnte demnach unmöglich ein Kriterium für die Güte eines Wassers abgeben.

War nun die Zahl der in einem Wasser vorhandenen Keime nicht auschlaggebend für die Beurteilung, so konnte es nunmehr nur noch die Art der Bakterien sein. Man machte sich deshalb daran, die verschiedenen in den Wässern vorkommenden Arten festzustellen. Eine Anzahl von Forschern hat sich der Mühe unterzogen, alle in Wässern gefundenen Bakterienarten sorgfältig zu beschreiben und zusammenzustellen. Derartige Arbeiten liegen vor von Maschek, Adametz, Zimmermann, Tils, Lustig, G. C. und P. F. Frankland u. A.

Gestattet denn nun aber die Feststellung der Arten ein Urteil über das Wasser?

Anfänglich legte man ein besonderes Gewicht auf die die Gelatine verflüssigenden Keime, weil diese wegen ihrer Fähigkeit, ein Gelatine schmelzendes Ferment zu produzieren, besonders bedenklich erschienen. Man gab an, wie viele die Gelatine verflüssigende Kolonien in einer Probe sich fanden und wie viele nicht verflüssigende. Hatte die Probe sehr zahlreiche verflüssigende geliefert, so wurde sie als verdächtig angesehen. Sehr bald aber erkannte man, daß manche der harmlosesten Wasserbakterien zu diesen die Gelatine verflüssigenden Arten gehörten. Damit verlor das Kriterium der „Gelatineverflüssigung“ seine Bedeutung.

Bei vergleichenden Prüfungen zahlreicher Wässer wurde dann die

Thatsache festgestellt, daß gute Wässer meist nur wenige Arten von Bakterien enthalten, durch äußere Einflüsse stark verunreinigte hingegen einen großen Artenreichtum aufweisen. Manche Forscher, wie z. B. Migula[10], glaubten deshalb, als Kriterium für die Güte eines Wassers an Stelle der Zahl der Keime die Zahl der Arten, den Artenreichtum verwenden zu können. Wie viele Arten, wurde nun gefragt, darf denn ein gutes Wasser enthalten? Es hätte eine „Grenzzahl" aufgestellt werden müssen, wie früher für die Zahl der entwickelungsfähigen Keime, nur ließen sich keine zutreffenden Gründe für die Wahl einer bestimmten Artenzahl angeben. Also auch die Artenzahl versagte als Kriterium für die Beurteilung der Güte eines Wassers.

So wurde man denn schließlich dahin gedrängt, nicht die Menge der Keime oder die Artenzahl, sondern wiederum die Arten an sich als maßgebend für die Beurteilung anzusehen.

Welche Arten sind denn nun aber ein Beweis dafür, daß ein Wasser für Trink- und Gebrauchszwecke nicht verwendbar? Nun ohne Widerspruch die pathogenen Arten, wie die Cholera- und Typhusbakterien. Außerdem aber, sagte man, alle die Arten, welche dem Intestinaltractus entstammen, weil sie auf fäkale Verunreinignngen hinweisen, mit welchen zugleich auch die hauptsächlich in Frage kommenden pathogenen Bakterien den Wässern zugeführt werden. Sind nun aber die Arten aus dem Intestinaltractus von Menschen und Tieren so bekannt, so scharf charakterisiert, daß man sie ohne weiteres im Wasser wiedererkennen kann? Auch diese Frage müssen wir leider bisher mit „Nein" beantworten. Der Hauptrepräsentant der Darmbakterien ist das Bacterium coli. Wird dasselbe aus einem Stuhle gewonnen, so ist seine Identifizierung sehr leicht; die Form der Stäbchen, der Kolonien, sowie seine sonstigen biologischen Eigenschaften bieten genügende Anhaltspunkte für seine Diagnostizierung. Findet man nun aber in einer Wasserprobe aus Stäbchen bestehende Kolonien von ähnlichem Aussehen wie die Kolonien des Bacterium coli, so macht die Identifizierung dieser Kolonien recht erhebliche Schwierigkeiten. Es giebt in unbedingt guten Wässern solche dem Bacterium coli ähnlich sich verhaltende Organismen sogar in nicht geringer Zahl. v. Freudenreich[11] fand das Bacterium coli häufig selbst in Quellwässern, allerdings in geringer Zahl, Miquel nach v. Freudenreich's Angabe sogar fast in jedem Trinkwasser, wenn nur genügende Wassermengen zur Analyse gelangten. Damit ist das Auffinden von Bacterium coli oder ihm ähnlichen Arten, welches übrigens mit Hilfe bestimmter, zu diesem Zwecke vorzüglich ausgebildeter Methoden leicht gelingt, durchaus noch kein Beweis dafür, daß die betreffende Wasserprobe mit Fäkalien verunreinigt gewesen ist. Nur wenn sich das Bacterium coli in größeren Mengen in einem Wasser findet, dürfte dem Verdachte einer fäkalen Verunreinigung Raum gegeben werden können.

Macht nun schon die Identifizierung des Bacterium coli im Wasser große Schwierigkeiten, wie viel größer sind diese noch, wenn es sich darum handelt, irgend eine andere der zahlreichen in menschlichen und tierischen Dejekten bisher aufgefundenen Bakterienarten festzustellen.

Außer den Darmbakterien hat man auch noch gewisse Fäulnisbakterien als ausschlaggebend für die Güte eines Wassers angesehen. Die Proteusarten sind die Erreger der typischen Eiweißfäulnis. Sind

faulende Eiweißstoffe in das Wasser gelangt, so ist das Wasser zu verwerfen. In der That, eine gewisse Bedeutung wird man dem Nachweise von Proteusarten in einer Wasserprobe nicht absprechen können. Die Proteusarten finden sich überall da, wo Fäulnis sich entwickelt, sehr zahlreich sind sie in den oberen Bodenschichten. Ihre Anwesenheit würde demnach darauf hindeuten, daß das Wasser mit faulenden Stoffen oder wenigstens doch mit der Erdoberfläche in Berührung gewesen ist. Ist damit nun aber zugleich der Beweis geliefert, daß das Wasser unbrauchbar ist? Keineswegs. Zwei italienische Forscher, Scala und Sanfelice[12], behaupten vom Proteus vulgaris Hauser, daß er der gemeinste aller Mikroorganismen in den Wässern sei. Bedeutung erhält der Befund von Proteusarten erst dadurch, daß man nachweist, von wo dieselben herstammen. Ist z. B. die Wasserprobe einem Bohrloche entnommen, in welches von oben her Erdbröckelchen hineingefallen sind, so würden die Proteusarten ebensowenig Bedeutung beanspruchen können, wie die übrigen Erdbakterien, der Wurzelbacillus, Bacillus megatherium und andere. Ebenso dürfte der Befund von Proteusarten in einem aus nicht bewohnter Gegend stammenden, eine Strecke weit oberirdisch verlaufenden Quellwasser nicht von Bedeutung sein. Anders dagegen, wenn es sich um einen Brunnen handelt, welcher, wiederholt untersucht, nichts von Proteuskeimen enthalten hat. Das plötzliche Auftreten solcher Kolonien kann dann als sicheres Zeichen einer hinzugetretenen äußeren Verunreinigung gelten.

Ziehen wir nun das Facit aus dem oben dargelegten, so ergiebt sich, daß eine Begutachtung von Brunnenanlagen auf Grund einer einmaligen bakteriologischen Untersuchung einer übersandten Probe in der Mehrzahl der Fälle nicht angängig ist. In der Mehrzahl der Fälle wird die von den Hygienikern schon lange als notwendig bezeichnete Lokalinspektion, die Konstatierung von mangelhaften Bedeckungen und schadhaften Wandungen, der gefahrdrohenden Nähe von Schwindgruben, Düngerstätten, Schmutzgräben, undichten Rinnsteinen eine weitere bakteriologische Untersuchung unnötig machen. Die Desinfektion benachbarter Gruben, Aborte u. dergl. mit stark riechenden Stoffen, wie z. B. nach dem Vorschlage von Nördlinger[13] mit Saprol, und das Hineindringen dieser Stoffe in das Wasser der nahegelegenen Brunnen, das Begießen der Umgebung des Brunnens mit Farbstoff- oder auch Kochsalzlösungen und die Beobachtung des Hineinfließens der ersteren in den Innenraum bez. der Nachweis der Erhöhung des Kochsalzgehaltes des Wassers beweisen meist einfacher und schlagender die Unbrauchbarkeit des Brunnens als die bakteriologische und chemische Untersuchung. Sind Wandungen, Bedeckungen und Pumpwerk des zu prüfenden Brunnens intakt, handelt es sich ausschließlich darum, zu konstatieren, ob das Grundwasser verunreinigt, so bleibt nichts anderes übrig, als bei Röhrenbrunnen eine Desinfektion des Pumpenrohres und der in ihm stehenden Wassermasse vorzunehmen und nach gehörigem Abpumpen Proben zu untersuchen, und bei Kesselbrunnen, deren sichere Desinfektion nicht angängig, dem Vorschlage Gruber's[14] entsprechend ein Senken des Wasserspiegels bis zum Hervortreten von Grundwasserströmchen, deren Untersuchung vorzunehmen wäre, zu versuchen. Ein sicheres Ergebnis dürfte indessen nach den Untersuchungen Neisser's[15] bei den Kesselbrunnen mit dem Gruber'schen Verfahren nicht zu erzielen sein, da in dem unmittelbar an den Brunnenboden angrenzenden Erdreiche Bakterienansiedelungen vorhanden sein können, die ihre Ent-

stehung einer Infektion vom Schacht aus verdanken und die dem hereinströmenden Grundwasser ihre Keime mitgeben.

Es würde dann nichts anderes übrig bleiben als in der Umgebung des Brunnens das Grundwasser zu prüfen, wie bei den nun zu besprechenden Neuanlagen von Brunnen.

Bei der Neuanlegung von Brunnen ist eine bakteriologisch konstatierte Keimfreiheit des Grundwassers von ausschlaggebender Bedeutung. Wenn man ein Urteil über eine solche Anlage abgeben soll, kann man sich daher keinesfalls darauf beschränken, irgend eine Wasserprobe aus einem Versuchsbrunnen zu prüfen.

Man wird vielmehr folgendermaßen verfahren, um ganz sicher zu gehen. An der betreffenden Stelle wird zunächst ein abessinischer Röhrenbrunnen in die wasserführende Schicht eingetrieben, dann das ganze Rohrsystem mit 3-proz. Karbolschwefelsäure gefüllt, eine Nacht über stehen gelassen und nunmehr gehörig abgepumpt, bis der Karbolgeruch aus den aufgefangenen Wasserproben verschwunden ist. Die jetzt in sterilen Gefäßen aufgefangenen Proben werden bakteriologisch untersucht. Die Keime, welche nun darin gefunden werden, stammen sicher nicht von den Wandungen der Rohre bez. aus den oberen Bodenschichten, sie sind dem in der Tiefe vorhandenen Wasser eigentümlich. Nach den neuesten Untersuchungen von Max Neisser (s. u. Kap. XII) empfiehlt es sich sehr zur Untersuchung des Grundwassers auf Keimfreiheit ein frisches Bohrloch herzustellen und dessen Inhalt sofort nach der Fertigstellung mit Dampf von 3 Atmosphären Spannung zu sterilisieren. Nach Abpumpen größerer Wassermengen sind die Proben zur bakteriologischen Untersuchung aus den unteren Wasserschichten zu entnehmen. Ist in den Proben die Keimfreiheit des Grundwassers festgestellt, dann kann der Brunnen hergestellt werden und man hat nur Sorge zu tragen, daß späterhin von oben oder von den Seiten her keine Oberflächenwässer in den fertigen Brunnen hineingelangen, eine Gefahr, welche bei den Röhrenbrunnen eine sehr geringe ist und bei den Kesselbrunnen durch Aufführung gut cementierter, fester Wandungen, durch dichte Bedeckung und unter Zuhilfenahme dicker Sandschichten nach dem Vorschlage von Koch, sowie durch Fürsorge für gute Ableitung aller Tagewässer verhütet werden kann. Durch wiederholte Untersuchungen nach Perioden längerer Trockenheit wie stärkerer Niederschläge zu verschiedenen Jahreszeiten hat man dann bakteriologisch das Wasser zu prüfen. Verunreinigungen von außen her wie auch im Grundwasser werden sich dann unschwer aus dem veränderten bakteriellen Habitus, besonders aus dem plötzlichen Auftreten vorher nicht vorhanden gewesener Bacterium coli- oder Proteus-Kolonien erkennen lassen. Unter den soeben dargelegten Verhältnissen wird die bakteriologische Untersuchung für die Beurteilung eines Brunnenwassers von großem Werte sein.

1) **Th. Janowsky**, *Ueber den Bakteriengehalt des Schnees*, *C. f. B.* 4. *Bd.* (1888) 547.
2) **Schmelck**, *Eine Gletscherbakterie*, *C. f. B.* 4. *Bd* (1888) 545.
3) **C. Bujwid**, *Die Bakterien in Hagelkörnern*, *C. f. B.* 4. *Bd.* (1888) 1.
4) **W. M. Foutin**, *Bakteriologische Untersuchungen von Hagel*, *Wratsch* 1889, *No.* 49 *und* 50, *Russisch*, *ref. in C. f. B.* 7. *Bd.* (1890) 372.
5) **Bernhard Fischer**, *Die Bakterien des Meeres*, *Kiel und Leipzig* 1894.
6) **Carl Fraenkel**, *Untersuchungen über Brunnendesinfektion und den Keimgehalt des Grundwassers*, *Z. f. H.* 6. *Bd.* (1889) 23.
7) **L. Thoinot**, *Note sur l'examen microbiologique d'une source de la région calcaire du Havre*, *A. P.* (1889) 3. *Bd.* 145.

8) **A. Gaertner**, *Hygiene des Trinkwassers*, *Separatabdruck aus „Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung"* (1894).

9) **A. Haegler**, *Beiträge zur Entstehung des Typhus und zur Trinkwasserlehre*, *Deutsches Archiv für klin. Med.* 11. *Bd.* (1893), *ref. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege* (1874) 6. *Bd.* 154.

10) **Migula**, *Die Artzahl der Bakterien bei der Beurteilung des Trinkwassers*, *C. f. B.* 8. *Bd.* (1890) 353; *Methode und Aufgabe der biologischen Wasseruntersuchung*, 56. *bis* 60. *Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Mannheim* (1894).

11) **Ed. von Freudenreich**, *Ueber den Nachweis des Bacillus coli communis im Wasser und dessen Bedeutung*, *C. f. B.* (1895) 18. *Bd.* 102.

12) **A. Scala** *e* **F. Sanfelice**, *Azione dell' acido carbonico disciolto nelle acque potabili su alcuni microorganismi patogeni*, *Estratto dal Bullettino della R. Academia Medica di Roma*, *Anno XVI* (1889—90) *Fascicolo VIII*.

13) **H. Nördlinger**, *Einfache Methode zur Wahrnehmung von fäkalischen Verunreinigungen des Trinkwassers*, *Pharm. Centralhalle No.* 8, 22. *Febr.* 1894, 109—111, *ref. in H. R.* 4. *Bd.* (1894) 391.

14) **Max Gruber**, *Die Grundlagen der hygienischen Beurteilung des Wassers*, *D. Vierteljahrschr. f. öffentl. Gesundheitspflege* 25. *Bd* (1893) 415.

15) **Max Neisser**, *Dampfdesinfektion und -Sterilisation von Brunnen und Bohrlöchern*, *Z. f. H.* (1895) 22. *Bd.* 301.

---

# VI. Die Verbreitung von Krankheiten durch das Wasser.

Welches sind nun die Krankheiten, von denen erwiesen ist, bez. von denen man Grund hat anzunehmen, daß das Wasser an ihrer Verbreitung beteiligt ist? Wenn wir von den Intoxikationskrankheiten absehen, so können wir dieselben scheiden in Invasions- und Infektionskrankheiten.

## 1. Invasionskrankheiten.

Wenn ein Gewässer durch menschliche oder tierische Exkremente verunreinigt ist, so können naturgemäß in demselben die Eier aller derjenigen Parasiten enthalten sein, welche den Darm bewohnen und deren Eier mit dem Kote entleert werden. Aber nur wenige der von Menschen und Tieren mit dem Kote entleerten Helminthen-Eier sind, falls sie mit unreinem Trinkwasser aufgenommen werden, für den Menschen von pathogener Bedeutung, weil die Mehrzahl derselben im menschlichen Körper nicht direkt entwickelungsfähig ist, sondern eines Zwischenwirtes zur Erzeugung einer für den Menschen infektionsfähigen Form bedarf. Von den Eiern der im Menschen parasitierenden Würmer dürften hier wohl nur in Betracht kommen: die Eier der Taenia solium, welche zur Entstehung von Cysticerken Anlaß geben könnten — positive Angaben hierüber liegen indessen nicht vor —, die Eier der Oxyuren, welche nur geringe Bedeutung haben, dann aber die Eier des Anchylostomum duodenale und vor allem die Eier der Taenia echinococcus des Hundes. Ob die Eier des Hundebandwurmes im Wasser infektionstüchtig bleiben, ist bisher experimentell nicht festgestellt. Die Möglichkeit ist jedenfalls nicht von der Hand zu weisen. Küchenmeister[1] ist der Ansicht, daß in Island die warme Temperatur des

zum Trinken benutzten Flußwassers für die Embryonen der Echinokokken günstig sei und deshalb wesentlich zur Verbreitung des Echinococcus mit beitrage. Auch Mosler[2], einer der besten Kenner der Echinokokkenkrankheit, neigt dieser Anschauung zu. „Unter Umständen", sagt er, „wird Hundskot auch in der Nähe von Brunnen oder Pumpen abgesetzt, die darin befindlichen Taenien und ihre Eier werden durch die hier sich stets findende Feuchtigkeit länger konserviert, um schließlich noch als keimfähige Brut mit dem Trinkwasser in den menschlichen Darm zu gelangen." Gerade bei der in manchen Gegenden (Pommern, Mecklenburg) überaus häufigen Infektion der Weidetiere, Rinder, Schafe, Schweine, könnte die Wasserinfektion von Bedeutung sein.

Die Eier des Anchylostomum duodenale bedürfen, um den Embryo zu entwickeln, einer höheren Temperatur, wie sie normal in subtropischen Gegenden, in Aegypten z. B., und in gemäßigten Klimaten nur unter besonderen Umständen vorhanden ist. Nur unter den eigenartigen Verhältnissen, wie sie die Arbeiten in einem Tunnel und die Arbeiten auf Ziegelfeldern mit sich bringen, durch das Genießen bez. Manipulieren mit einem in Tümpeln oder Pfützen angesammelten, stark mit Fäkalien verunreinigten Wasser kann eine Infektion veranlaßt werden (vergl. dieses Hdbch. 8. Bd. 343, 345, 347, 407).

In hohem Maße interessant ist die Verbreitung zweier tropischer Parasitenkrankheiten durch das Wasser — der Filariose und der Dracontiase.

Die Filaria sanguinis hominis ist die Larvenform der Filaria Bancrofti Cobbold. Die Geschlechtsform lebt in den Lymphbahnen der Haut, die mit dem Namen „Elephantiasis Arabum" bezeichneten Veränderungen bedingend. Die Embryonen, die Filaria sanguinis, wandern in ungeheueren Mengen in die Blutbahn (Fig. 31). Die Weiterverbreitung der Filarien aus dem Blute der erkrankten Menschen geschieht auf eine sehr merkwürdige Weise, wie Manson[3], Silva Aranjo, Myers, Cobbold und Andere experimentell nachgewiesen haben. Wenn Nachts die peripheren Blutgefäße von Embryonen angefüllt sind, saugen die Mosquitoweibchen mit dem Blute zahlreiche dieser Embryonen auf. Ein Teil derselben wird im Magen des Mosquito verdaut, ein anderer hingegen entwickelt sich im Körper der Mücke zum reifen Wurm. Die tragende Mücke geht zur Ablegung der Eier in das Wasser und stirbt. Die Embryonen werden alsbald frei, schwimmen im Wasser umher und werden so vom Menschen nach den einen vom Magen, nach anderen von der äußeren Haut aus beim Baden aufgenommen.

De Magalhães glaubt den Angaben Hirsch's[4] zufolge den Parasiten in dem Wasser des kleinen Flüßchens Carioca bei Rio de Janeiro gefunden zu haben, eine Angabe, welche indessen noch der Bestätigung bedarf.

Von ebenso großer Bedeutung wie die Filaria sanguinis ist für die tropischen Länder noch eine andere Filarie, die Filaria medinensis — der Guineawurm — der Parasit der Dracontiasis.

Hirsch hat eine ganze Reihe von Beobachtungen gesammelt, welche geradezu als beweisend für die Einführung dieses Parasiten mit dem Trinkwasser angesehen werden können. Es sind dies Fälle, in welchen eine größere Zahl von Menschen aus ganz bestimmten Brunnen oder Wasserläufen Trinkwasser entnommen haben. Nur die

Leute, welche diese bestimmten Wässer getrunken hatten, erkrankten, andere, unter den gleichen Verhältnissen im übrigen Lebende, welche aber nicht von dem betreffenden Wasser getrunken hatten, erkrankten nicht. So erkrankten, um nur einige Beispiele zu geben, aus einem in der Nähe von Warora (in Central-Indien) gelegenen Dorfe 180 Individuen an Dracontiasis. Alle diese hatten ihr Trinkwasser aus einem schmutzigen Brunnen bezogen, von den übrigen Bewohnern des Dorfes, welche ein anderes Wasser benutzt hatten, erkrankte Niemand.

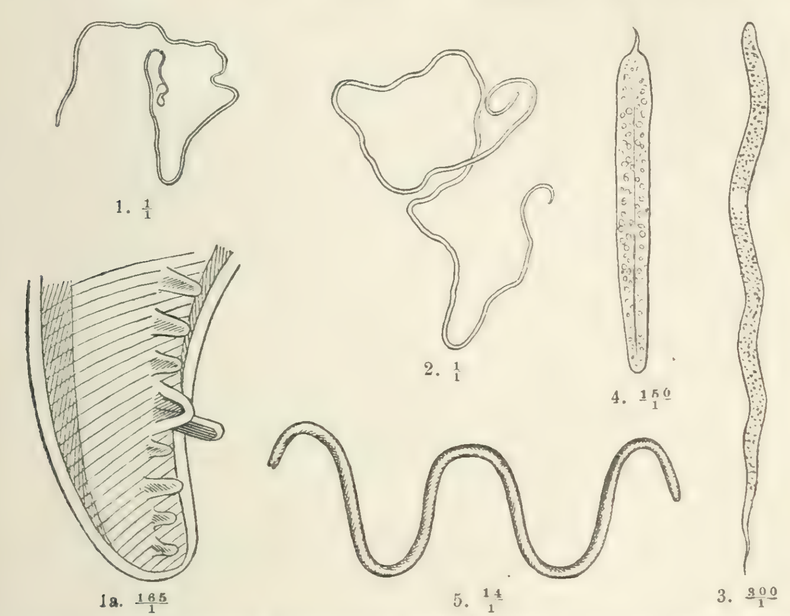



Fig. 31 aus v. Linstow „Ueber Filaria Bancrofti Cobbold" C. f. B. (1892) 12. Bd. 89. 1. Männchen, 2. Weibchen, natürliche Gröfse, 1a. männliches Schwanzende, 3. Embryonalform im Blute, 4. Larven aus Culex, 5. Wasserlarve, 1. und 2. nach Magalhães, 4. und 5. nach Manson.

Sämtliche Teilnehmer zweier Handelskarawanen, welche im Jahre 1849 auf dem Wege von Bahia nach Jazeiro an einem einige Meilen von Feira de Santa-Anna gelegenen Flüßchen gelagert und trotz der Warnung der Eingeborenen ihr Trinkwasser aus diesem Flüßchen entnommen hatten, erkrankten einige Monate später an Dracontiasis, mit Ausnahme eines Negers, welcher von dem Wasser nicht getrunken hatte.

Nach den Untersuchungen von Fedschenko wandern die auf irgend eine Weise in das Wasser gelangten Filariaembryonen in die in langsam fließenden oder stehenden Gewässern, pflanzenreichen Teichen, Pfützen und Sümpfen zahlreich vorhandenen Cyklopen ein, und zwar von der Bauchseite her, und entwickeln sich in der Rückenhälfte der Leibeshöhle derselben zu einer Larvenform. Die infizierten Cyklopen werden von den Menschen mit dem Wasser aufgenommen. Im Magen werden die Larven frei, wandern dann in ein für ihre Entwickelung geeignetes Gewebe und wachsen dort zum reifen Tiere aus. Die Dracontiasis ist demnach eine reine „Wasserkrankheit". Damit

stimmt auch die Erfahrung hinsichtlich der Prophylaxe überein. Erfahrene Beobachter, wie Ewart, betonen, daß die europäischen Familien, in Mewar und anderen von Dracontiasis heimgesuchten Punkten der Radschputana-Staaten, weil sie in ihrem Wasserbezuge die größte Vorsicht beobachten, niemals an Dracontiasis erkranken, sowie daß die Abnahme der Erkrankungsfälle unter den in jenen Gegenden stationierten Truppen auf die Verbesserung der Trinkwasserverhältnisse zurückzuführen ist.

Einen überaus interessanten Beitrag zu der Infektion mit Filarien hat vor kurzem Prof. Hamann [5] in Göttingen geliefert. Derselbe beobachtete unter den Enten, welche auf einem Teiche in Britz bei Berlin lebten, eine mörderische Filarienseuche. Von 200 jungen Enten fielen 70 der Seuche zum Opfer. Sämtliche Enten hatten Filariaknoten im Vormagen. Hamann hat nun folgenden Lebenslauf der Filarien gefunden. Die geschlechtsreifen Würmer bringen im Vormagen ausgebildete Embryonen zur Welt, welche entweder durch den Schlund oder durch den Darm der Enten mit dem Kot nach außen in das Wasser gelangen. Die Exkremente der Enten werden mit Vorliebe von den massenhaft in dem Teiche vorhandenen Daphnien verzehrt. Die in den Darm der Daphnien gelangten Embryonen durchbohren zunächst die Darmwand und gelangen dann in die Leibeshöhle, in welcher sie zu 1,7—2 mm langen Larven heranwachsen. Die Daphnien mit den Filarienlarven in ihrer Leibeshöhle werden nun von den Enten als Nahrung verschluckt, und es wird die Larve im Vormagen frei, indem die Daphnie verdaut wird. Hier bohren sich die jungen Würmer in der Wandung fest und erzeugen die Knoten, in denen sie geschlechtsreif werden.

Mit nahezu gleicher Sicherheit wie für die tropischen Filariakrankheiten ist die ätiologische Bedeutung infizierten Trinkwassers auch für zwei andere tropische Invasionskrankheiten nachgewiesen, für die Hämaturie und die Hämoptysis. Beide Krankheiten sind durch Distomen bedingt, die erstere, in Aegypten, an der Ostküste Afrikas, auf den dieser benachbarten Inseln Madagascar, Mauritius, Réunion, im Kaplande und in Vorderindien verbreitet, durch das Distoma haematobium Bilharz, die zweite in Ostasien heimisch durch das Distoma Ringeri.

Schon der Umstand, daß die Hämaturie an die Meeresküsten und Ufer von Flußmündungen gebunden ist, während sie in den benachbarten binnenländischen Distrikten gar nicht oder nur eingeschleppt vorkommt, weist darauf hin, daß das Wasser bei derselben eine bedeutsame Rolle spielt. Von dem Distoma hepaticum wissen wir, daß die Embryonen eine Zeit lang echte, frei bewegliche Wasserbewohner sind, um sich dann im Körper gewisser kleiner Weichtiere zur infektionstüchtigen Larve zu entwickeln. Die Larven werden entweder mit dem Wasser oder mit den Futterkräutern, auf welche der Zwischenwirt gelangt ist, von den Schafen aufgenommen. Vielleicht ist der Infektionsmodus bei den die Menschen befallenden Distomen ein ähnlicher. Die infektionstüchtigen Formen könnten dann entweder direkt mit dem Wasser oder mit größeren, von den Menschen zur Nahrung verwendeten Wasserbewohnern, an denen sie haften, oder auch mit Gemüsen, die mit infiziertem Wasser benetzt sind, aufgenommen werden. Von manchen Autoren ist eine Aufnahme von der Haut aus

oder sogar durch die Harnröhre beim Baden als wahrscheinlich bezeichnet worden.

Die Bilharzia, auch Gynaecophorus haematobius genannt, weil das Weibchen während der Begattung in der cylindrisch eingerollten Bauchfläche des Männchens, in dem Canalis gynaecophorus liegt (Fig. 32), produziert eine enorme Menge von Eiern, in welchen sich der mit einer Flimmerhülle versehene Embryo entwickelt. Unter günstigen Entwickelungsbedingungen, wenn die Eier mit dem Urin in Wasser entleert werden, sprengt er die Schale und kann sich nun im Wasser fortbewegen. Weitere Entwickelungsvorgänge sind unbekannt. Im Jahre 1893 glaubte Sonsino[6] für die Embryonen der Bilharzia Zwischenwirte, welche bis dahin nicht bekannt waren, gefunden zu haben. Er glaubte das Eindringen von Embryonen, welche er bei einer Endemie in Tunis gewonnen hatte, in eine kleine Crustacee, eine Amphipode, beobachtet zu haben. Wenige Monate später aber überzeugte er sich, daß er sich geirrt hatte und widerrief seine Entdeckung[7].

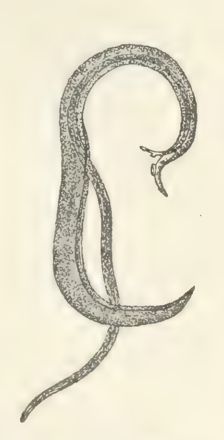


Fig. 32. Distomum haematobium (aus Leuckart). Weibchen im Canalis gynaecophorus des Männchens.

Die überaus zahlreichen Versuche, welche A. Loos[8] zur Auffindung eines Zwischenwirtes der Bilharzia in Aegypten an Weichtieren, Crustaceen und Insektenlarven, kleinen Würmern, Fischen und auch an Pflanzen angestellt hat, haben sämtlich zu einem negativen Ergebnis geführt. Er kam dadurch zu der Ueberzeugung, daß die Uebertragung der Embryonen mit Hilfe eines Zwischenträgers aus der Klasse der niederen Tiere nicht vor sich gehen könnte. Zahlreiche Versuche, Affen verschiedener Spezies mit embryonenhaltigem Wasser per os zu infizieren, ergaben ebenfalls ein negatives Resultat. Die Embryonen zeigten sich auch gegenüber der Einwirkung von Magensaft außerordentlich empfindlich. Er kam deshalb schließlich zu der Annahme, daß die Embryonen direkt durch die Haut ihres späteren Wirtes in das Innere desselben eindrängen. Experimentelle Beweise konnte er freilich für diese Annahme nicht erbringen. Die Häufigkeit der Erkrankungen zur Zeit der Nilüberschwemmungen, das Vorwiegen des Erkrankens männlicher Individuen, welche bei der Feldarbeit oft stundenlang bis über die Knie im Wasser stehen, scheint Loos aber für diesen Modus der Infektion zu sprechen, welchen auch G. Sandison Brock[9] für den wahrscheinlichsten erklärt hat. Eine rationelle Prophylaxe der Bilharziakrankheit würde dann darin bestehen, den von den Kranken ausgestreuten Wurmkeimen die Möglichkeit einer weiteren Entwickelung abzuschneiden indem man sie von jeder Berührung mit Wasser und besonders von dem Wasser der offenen Gräben und Kanäle peinlichst fernhält.

1) **Küchenmeister**, *Parasiten in und am Körper der lebenden Menschen* (1885).

2) **Mosler**, *Ueber endem. Vorkommen der Echinokokkenkrankheit in Neuvorpommern, D. m. W.* (1886) 101.

3) **P. Manson**, *The metamorphosis of Filaria sanguinis hominis in the mosquito, Transact. Linn. Soc. London*, 2 *ser. zool. II. part.* 10, *London* 1884, *p.* 367—388, *tab.* 39, *s. auch* v. **Linstow**, *Ueber Filaria Bancrofti Cobbold, C. f. B.* (1892) 12. *Bd.* 88.

4) **Hirsch**, *Handbuch der historisch-geographischen Pathologie* (1883) 2. *Bd.* 230, *Filaria sanguinis*; 206, *Distoma haematobium*; 243, 247, *Filaria medinensis.*

5) **Otto Hamann**, *Die Filarienseuche der Enten und der Zwischenwirt der Filaria uncinata R.*, *C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 555.

6) **Sonsino**, *Sviluppo, ciclo vitale e ospite intermedio della Bilharzia haematobia, Proc. verb. della Soc. Tosc. di scienze nat. addun. di* 11 *agosto* 1893 *p.* 1 *u. Lancet* 1893, 621, *ref. C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 88.

7) **Sonsino**, *Aggiunta alla precedente nota sullo sviluppo della Bilharzia haematobia, Proc. verb. della Soc. Tosc. Pisa,* 21 *Gennaio* 1894.

8) **A. Loos**, *Bemerkungen zur Lebensgeschichte der Bilharzia haematobia im Anschlusse an G. Sandison Brock's Arbeit über denselben Gegenstand*, *C. f. B.* (1894) 16. *Bd.* 286, 340.

9) **G. Sandison Brock**, *On the Bilharzia haematobia*, *The Journal of Pathology and Bacteriology Vol II, Edinburgh and London (Young J. Pentland)* 1893.

## 2. Infektionskrankheiten.

### A. Gastro-Intestinal-Katarrhe.

Ueberaus zahlreiche Mitteilungen sind in der Litteratur verzeichnet, denen zufolge der Genuß bestimmter Wässer Affektionen des Gastrointestinaltractus hervorzurufen imstande ist.

Besonders häufig hat man gefunden, daß der Genuß des Wassers von Flüssen zu bestimmten Zeiten oder regelmaßig Diarrhöen hervorruft. Derartige Beobachtungen sind gemacht worden an dem Wasser des Missisippi, des Missouri, des Rio grande, Kansas, Ganges, der Wolga, der Maas u. a. Die diarrhoische Wirkung dieser Wässer ist von vielen, wie z. B. von Parkes, den suspendierten Bestandteilen zugeschrieben worden. Gunning fand, daß das Wasser der Maas durch Behandlung mit Eisenchlorid von dieser Eigenschaft befreit wurde. Ob den einen Bestandteil der suspendierten Stoffe bildenden Mikroorganismen eine wesentliche Bedeutung bei der Erzeugung der Durchfälle beizumessen ist oder nur gewissen chemischen Stoffen, ist bisher nicht erwiesen.

Besonders zahlreiche Fälle sind berichtet, in denen der Genuß eines mit menschlichen Dejekten oder Kloakeninhalt verunreinigten, namentlich eines von verunreinigten Flachbrunnen stammenden Wassers zu heftigen Gastrointestinalkatarrhen geführt hat. So erkrankten, wie Tripe[1] mitteilt, in Clapton im November 1882 gleichzeitig 100 Menschen an heftiger Gastroenteritis, welche ein an Spaltpilzen und „Animalculis" reiches Wasser genossen hatten. In Buffalo traten, nach einem Berichte Wright's[2], im September 1882 konstant zahlreiche bösartige Fälle von Diarrhöe auf, die fast ausschließlich auf Bezirke mit unreinen Flachbrunnen beschränkt waren. Die mit reinem Niagarawasser versorgten Bezirke blieben fast gänzlich verschont.

Cameron[3] teilt mit, daß im Herbst des Jahres 1883 in der Militärschule zu Dublin 150 Zöglinge an Durchfall und Gastricismen erkrankten. Bei der Untersuchung ließ sich keine andere Ursache auffinden als der Genuß eines trüben, an Mikroorganismen reichen Grundwassers.

Häufig ist von Militärärzten beobachtet worden, daß nach dem Genuß des mit Kloakeninhalt zufällig verunreinigten Wassers aus Kasernenbrunnen unter den Bewohnern der Kaserne heftige Magendarmkatarrhe plötzlich auftraten, an welche sich nach 2—3 Wochen

Typhuserkrankungen anschlossen. So berichtet Riecke[4], daß im Winter 1843/44 unter zwei preußischen Kompagnien in Mainz 129 Typhuserkrankungen mit 21 Todesfällen eintraten. In 28 Fällen entwickelte sich der Typhus aus Magendarmkatarrhen. Es wurde ermittelt, daß die Erkrankten aus einem Brunnen getrunken hatten, dessen Wasser einen bräunlichen Bodensatz bildete und einen fauligen Geruch entwickelte. Weitere Untersuchungen ergaben, daß die Kloake, welche den Inhalt der Abtritte aufnahm und durch einen Kanal abführte, infolge von Verstopfung des letzteren überfüllt und geborsten war und ihren Inhalt in das umgebende Erdreich und in den Brunnen ergossen hatte. Ein absolut gleicher Fall wurde von Löffler im März des Jahres 1888 in Stettin in einer Kaserne des Königsregimentes beobachtet. Das Abflußrohr des den Latrineninhalt aufnehmenden Bassins, welches unmittelbar neben dem auf dem Hof befindlichen Kesselbrunnen angelegt war, hatte sich durch einen Pantoffel verstopft, der Inhalt hatte sich angestaut und mehrere Zuflußröhren von den Latrinen her zersprengt. Die Jauche hatte sich in das umgebende Erdreich ergossen, war nach abwärts gesunken, bis sie auf ein etwa 2 m unterhalb des Hofniveaus liegendes altes Steinpflaster, von welchem Niemand mehr etwas wußte, gelangt war, und war dann seitlich durch die Fugen des alten Kesselbrunnens, schwarze Schmutzstreifen bildend, in den Brunnenkessel geflossen. Das Wasser dieses Brunnens sollte schon seit Jahren nicht von den Mannschaften getrunken werden, war aber ungeachtet des Verbotes stets ohne nachteilige Folgen getrunken worden. Plötzlich veränderte das Wasser seine Beschaffenheit in auffälliger Weise. Gleichwohl wurde es von zahlreichen Leuten noch getrunken. Alle diejenigen, welche davon getrunken hatten, erkrankten innerhalb der nächsten 24—36 Stunden an Erbrechen und Durchfällen, welche nach wenigen Tagen bei den meisten wieder verschwanden, bei einigen aber andauerten und nach 2 Wochen in die Erscheinungen eines echten Unterleibstyphus übergingen. Um dieselbe Zeit, 2—3 Wochen nach dem Genuß des verunreinigten Wassers, kam die Mehrzahl der an Magendarmkatarrh erkrankt gewesenen, von diesem aber vollkommen geheilten Mannschaften, welche inzwischen ihren Dienst gethan hatten, mit den exquisiten Erscheinungen des Typhus in das Lazarett zurück. Das Wasser, eigentlich nichts anderes als eine stark verdünnte Jauche, enthielt zahllose Bakterien, darunter zahlreiche Colibakterien und namentlich Streptokokken. Typhusbacillen wurden in demselben nicht gefunden. Vermutlich sind zu gleicher Zeit die den Magendarmkatarrh erzeugenden Agentien und die Typhusbacillen in dem Wasser vorhanden gewesen. Erstere haben zunächst die akuten Erscheinungen ausgelöst, und erst später ist dann die Typhusinfektion zum Ausbruch gelangt.

Ob bestimmte Organismen als Erreger des Magendarmkatarrhs anzusehen sind, oder ob gewisse chemische Fäulnisprodukte diese Affektion veranlaßt haben, hat sich freilich auch in diesem eklatanten Falle nicht mit Sicherheit entscheiden lassen. Für die Möglichkeit, daß nicht Fäulnisstoffe, sondern belebte Wesen die Ursache gewesen sind, spricht der Umstand, daß bei der Mehrzahl der Erkrankten die Magendarmerscheinungen erst nach einem Inkubationsstadium von 24—36 Stunden zum Ausbruch kamen.

Daß in verunreinigten Wässern derartige krankmachende Potenzen

nicht immer vorhanden zu sein brauchen, beweisen die von verschiedenen Untersuchern mit solchen Wässern unternommenen Trinkversuche. Emmerich z. B. trank 14 Tage lang täglich $^1/_2$—1 l stark verunreinigten Wassers und sah dabei einen im Beginn des Versuches bestehenden akuten Magendarmkatarrh sogar schnell heilen.

Welches die Magendarmkatarrh erzeugenden Potenzen in mit Kloakeninhalt verunreinigten Wässern sind, ist zur Zeit noch nicht festgestellt.

1) **Tripe**, *Sanitary Record* (1883) 15. *Februar, cit. nach Uffelmann's Jahresbericht in D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege* 12. *Bd.* 22.

2) **Wright**, *Sanitary Record* 4. *Bd.* 185, *cit. nach Uffelmann ibid.*

3) **Cameron**, *Dublin Journal of med. science* 1. *Bd.* 535, *cit. nach Uffelmann's Jahresbericht, D. V. f. ö. G.* 17. *Bd.* 25.

4) **Riecke**, *Kriegs- und Friedenstyphus* 153.

## B. Weil'sche Krankheit.

Von dem allergrößten Interesse ist es, daß die Entstehung einer bestimmten eigenartigen Krankheit des fieberhaften Ikterus, der sog. Weil'schen Krankheit, auf die Aufnahme eines wohl charakterisierten Mikroorganismus mit dem Wasser zurückgeführt ist.

Stirl hatte mitgeteilt, daß zwei Kanalarbeiter, welche in einen Jauchekanal gestürzt waren und dabei Jauche in reichlicher Menge geschluckt hatten, unter den Symptomen der Weil'schen Krankheit erkrankt waren. Ducamp hatte eine ähnliche Beobachtung veröffentlicht. Bei Reinigung eines durch stark stinkende Stoffe verstopften Sieles erkrankten die 6 dabei beschäftigten Arbeiter, drei leichter an Magenkatarrh, die 3 anderen an den Symptomen der Weil'schen Krankheit. Dann wurden Fälle dieser Krankheit beschrieben von Kirchner und Schaper, und als mutmaßliches ätiologisches Moment das Baden in der Oder unterhalb Breslau bez. in der Ocker bei Braunschweig genannt. Ferner hat Pfuhl berichtet über eine mit Gelbsucht begleitete Typhusepidemie, welche er auf das Baden in verunreinigtem Elbwasser unterhalb Altona zurückführte, Hüeber über eine Anzahl von diesbezüglichen Fällen unter Pionieren nach Wasserübungen in der Donau unterhalb Ulm und Globig über eine wahrscheinlich hierher zu rechnende Epidemie unter den Matrosen in Lehe im Jahre 1890, deren Ursache gleichfalls in dem Baden in verunreinigtem Wasser gesucht werden mußte. Endlich ist es Hüeber und Jaeger gelungen, nachzuweisen, daß die Mehrzahl der in Ulm unter den dort garnisonierenden Mannschaften vorgekommenen Fälle der Weil'schen Krankheit auf das Baden in der durch infizierte Zuflüsse stark verunreinigten Donau zurückgeführt werden mußte. Die Infektion des Donau-Flußwassers erfolgte durch einen unreinen Donauzufluß, die Blau. Das infizierende Moment war eine Geflügelseuche, welche in dem am Blaukanale liegenden Dorfe Söflingen unter den Enten und Gänsen, namentlich aber unter den massenhaft dorthin eingeführten italienischen Hühnern aufgetreten war. Die Kadaver dieser Hühner wurden teils in die Blau geworfen, teils zur Düngung der angrenzenden Felder verwandt. Als Erreger der Geflügelseuche fand Jaeger eine Proteusart, welche er mit dem Namen Bacillus proteus fluorescens

belegte. Denselben Organismus konnte Jaeger auch in den Organen zweier an Weil'scher Krankheit erlegener Soldaten sowie im Harn von 4 Patienten, welche genasen, in Reinkultur gewinnen und auf Tiere, Mäuse und Tauben, unter Erzeugung von der Weil'schen Krankheit ähnlichen Veränderungen, verimpfen. Die Bacillen aus den verschiedenen Fällen zeigten eine verschiedene Virulenz. Ihre Kulturen in Nährgelatine boten verschiedene Typen dar; die einen zeigten ein mehr typhusähnliches, andere mehr choleraähnliches Wachstum. Die einen verflüssigten die Gelatine stark unter Bildung der für die Proteusarten charakteristischen Schwärmkolonien, andere wenig oder gar nicht. Alle Kulturen zeigten eine deutliche Fluorescenz.

Jaeger ist es nun auch gelungen, den pathogenen Proteus im Wasser nachzuweisen.

Am 20. März 1891 entnahm er aus dem „Bläule", einem mit dem in die Donau mündenden Blaukanal kommunizierenden Wasserlaufe, 2 Wasserproben und zwar die eine unmittelbar vor einem Hause, wo 2 Tage zuvor 2 Hühner krepiert waren und wo das Wasser, durch Schmutz teilweise gestaut, eine schillernde Haut besaß, die andere 15—20 m weiter abwärts, wo Enten das Wasser durch Aufrühren des Bodenschlammes getrübt hatten. Die aus den Wasserproben angelegten Gelatineplatten gaben kein positives Resultat. Jaeger brachte deshalb 1 ccm jeder Probe in Röhrchen mit steriler Bouillon, hielt diese 48 Stunden im Brütapparat und injizierte von der stark getrübten, mit einem schleimigen Häutchen bedeckten Flüssigkeit je 0,3 ccm einer weißen Maus in die Bauchhöhle, zu gleicher Zeit zwei anderen Mäusen die gleiche Menge „Bläule"-Wasser. Letztere blieben gesund, die mit der Vorkultur infizierten starben nach 16 Stunden mit hochgradiger Verfettung von Leber und Nieren, starkem Milztumor und massenhaften, mit den gewöhnlichen Farbstoffen sich schlecht färbenden und nur mit erwärmtem Karbolfuchsin oder Loeffler'schem Methylenblau gut zu färbenden Bakterien in allen Organen. Kulturen aus den Organen beider Mäuse lieferten aus dem Herzblut ausschließlich die typhusähnlichen Kolonien, aus der Milz die choleraähnlichen Kolonien des Proteus, welche bei mehrmaliger Plattenreinzüchtung ganz den Proteuscharakter annahmen. Zwei aus äußeren Gründen erst mehrere Wochen später mit diesen Reinkulturen infizierte Mäuse erkrankten schwer mit verklebten Augen, erholten sich aber am 3. Tage.

Auf Grund seiner Untersuchungen kommt Jaeger zu dem Schluß, daß der Erreger der Weil'schen Krankheit in Bakterien der pleomorphen Proteusgruppe zu erblicken sei, daß jedoch eine spezifische pathogene Art nicht anzunehmen sei, weil die unter den speziellen Lebensbedingungen dieser Bakterien noch hinreichend prägnanten Artmerkmale bei saprophytischen Existenzbedingungen relativ rasch sich verwischten, daß vielmehr unter bestimmten äußeren Verhältnissen, bei mehrfacher Passage durch den Tierkörper, hoher Wachstumstemperatur, bei reichem Gehalt des Nährmediums an Stickstoffsubstanzen, vielleicht auch bei Anwesenheit gewisser anderer Bakterien der Proteus pathogene, invasive Eigenschaften erwerben könne und nun, pathogen geworden, mit faulenden Substanzen, Fleisch, Fischen, durch Jauche verunreinigtem Wasser, zu schweren

septischen Infektionen vom Darmtractus aus Anlaß geben könne. Aus diesem Grunde sei die Forderung aufzustellen, daß die öffentlichen Flußläufe nicht mit ungereinigten und undesinfizierten Abwässern beladen werden dürften.

Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob die Anschauungen Jaeger's nach allen Richtungen richtig sind. Jedenfalls haben sie das Verdienst, auf eine spezifische bakterielle Verunreinigung der Wasserläufe hingewiesen zu haben.

Hat somit, wie wir gesehen haben, das Wasser eine recht erhebliche Bedeutung für die Verbreitung bestimmter Krankheiten des Digestionstractus, so ist doch seine Bedeutung noch eine unvergleichlich viel größere, insofern als ihm eine geradezu ausschlaggebende Rolle zufällt bei der Verbreitung zweier hochwichtiger Infektionskrankheiten — der Cholera und des Abdominaltyphus.

**H. Jaeger**, *Die Aetiologie des infektiösen fieberhaften Ikterus (Weil'sche Krankheit), ein Beitrag zur Kenntnis septischer Erkrankungen und der Pathogenität der Proteusarten, Z. f. H.* (1892) 12. *Bd.* 525 (*s. dort die Litteratur S.* 566 *u.* 567 *Stirl, Ducamp, Kirchner und Schaper, Pfuhl, Hüeber, Globig*).

## C. Cholera.

Die Verbreitung durch das Wasser ist für keine der zahlreichen Infektionskrankheiten, bei welchen man diesem Momente eine Bedeutung beimessen zu können geglaubt hat, so sicher erwiesen worden als für die Cholera. In den 50. Jahren war es Snow [1] in England, welcher auf Grund umfassender Studien und sorgsamer Beobachtungen zuerst die Möglichkeit und die Wahrscheinlichkeit der Verbreitung der Cholera durch das Trinkwasser mit großer Energie vertreten hat. Wenngleich dann auch von anderen Seiten wichtige Bausteine zum Ausbau dieser sog. „Trinkwassertheorie“ beigebracht wurden (s. die Verhandlungen der Cholerakonferenz zu Weimar 1867), so konnte dieselbe doch keineswegs sich allgemeine Anerkennung erringen. Besonders war es Pettenkofer, welcher ihr in Wort und Schrift unermüdlich entgegentrat. Erst durch die Arbeiten Robert Koch's.[2] ist im letzt verflossenen Jahrzehnt die Thatsache wissenschaftlich sicher gestellt worden, daß bei der epidemischen Verbreitung der Krankheit das Wasser eine hervorragende, ja sogar die ausschlaggebende Rolle spielt. Wir müssen uns hier darauf beschränken, nur einige der frappantesten, allgemein zitierten diesbezüglichen Feststellungen und Beobachtungen aus der Geschichte der Cholera-Aetiologie kurz anzuführen (s. auch C. Flügge [3]; daselbst Litteraturangaben).

Bei den gewaltigen Zügen der Cholera von ihrem Heimatlande aus über die civilisierte Welt hat man vielfach die Beobachtung zu machen Gelegenheit gehabt, daß Orte, welche sich einer vor jeder Verunreinigung geschützten Trinkwasserversorgung erfreuten, von der Seuche ganz oder doch fast ganz verschont blieben, und ferner, daß Orte, welche in einer früheren Epidemie schwer gelitten hatten, bei einer späteren verschont blieben, nachdem in der Zwischenzeit das Trinkwasser verbessert, sonst aber keine wesentliche Aenderung der hygienischen Verhältnisse eingetreten war, sowie auch daß dieselben Orte, welche bei den ersten Epidemien dank ihrem sicheren Trinkwasser verschont geblieben waren, bei späteren Invasionen, wenn

zufällig die früher vorhanden gewesene Sicherheit des Trinkwassers vor Verunreinigungen verloren gegangen war, der Schauplatz mörderischer Epidemien wurden.

In der Stadt Halle bilden die sog. Francke'schen Stiftungen einen Stadtbezirk, welcher seine eigene Trinkwasserbezugsquelle und -leitung hat. In 6 Epidemien, welche die Stadt heimsuchten, blieben die Insassen der Stiftungen von der Krankheit verschont. Die Stadt Sarepta an der Wolga blieb frei von Cholera — sie erfreut sich eines vorzüglichen Trinkwassers, in Schlesien blieben die Orte Polnisch Lissa, Lauban, Pleß, Neumarkt, Grüneberg, Glogau, welche sämtlich ein zuverlässiges Wasser durch Leitungen von außen her beziehen, während der wiederholten Epidemien in dieser Provinz von der Krankheit verschont.

Die kleine Stadt Moschin bei Posen, welche sich stets einer Immunität gegen Cholera zu erfreuen gehabt hat, besitzt eine zuverlässige, reine Quellwasserleitung.

Besonders berühmt ist das Verhalten der Stadt London gegenüber der Cholera. Als die beiden Kompagnien, welche hauptsächlich London mit Wasser versorgten, ihr Wasser aus der Themse im Stadtbereich entnahmen, erkrankte 1849 in allen Versorgungsbezirken nahezu der gleiche Prozentsatz der Bevölkerung an Cholera. Als dann die eine Kompagnie ihre Wasserschöpfstelle flußaufwärts verlegt hatte, erkrankten bei der Wiederkehr der Cholera 1854 in deren Bezirk $3^1/_2$mal weniger Menschen an der Cholera als im Bezirke der anderen Versorgungsgesellschaft. Als nunmehr auch diese Gesellschaft oberhalb London ihr Wasser aus der Themse entnahm, war bei der dritten Wiederkehr der Cholera 1866 die Zahl der Erkrankungen in beiden Bezirken wieder eine gleichmäßig geringe. Nur ein Viertel Londons, das östliche Viertel, war stärker befallen, als die anderen. Die Gesellschaft, welche dieses Viertel mit Wasser versorgte, lieferte das Wasser aus zwei verschiedenen Reservoirsystemen, von denen das eine aus dem stark verunreinigten Leaflusse gespeist wurde. Im Bereich dieses Wasserfeldes trat die Seuche zuerst epidemisch auf, und erreichte sie auch ihre größte Ausdehnung und Mortalität. Die andere mit gutem Wasser versorgte Hälfte des Viertels hatte nur eine geringe Zahl von Todesfällen.

Im Fort William in Calcutta, welches früher berüchtigt war wegen der zahlreichen Choleraerkrankungen unter den daselbst garnisonierenden Truppen, verschwand die Cholera nahezu vollkommen, nachdem man den Bezug des Wassers aus den vom Fort aus stark verunreinigten Festungsgräben aufgegeben und dafür ein oberhalb Calcutta aus dem Hugli entnommenes und durch Sandfilter filtriertes Wasser in das Fort geleitet hatte. Mit der Eröffnung der Wasserleitung im Jahre 1870 sank in Calcutta die Cholera auf ein Drittel ihrer Höhe. Unter der europäischen Bevölkerung, welche ihren Wasserbedarf aus der neuen Leitung deckte, hörte die Cholera auf, ihre Opfer zu fordern, während unter den Eingeborenen, welche ihr Wasser aus den schmutzigen, von den Hütten umgebenen und von diesen aus verunreinigten Tanks nach wie vor bezogen, die Cholera mit gleicher Intensität herrschte wie vor der Einrichtung der Wasserleitung.

Geradezu typisch für eine Wasserleitungs-Infektion ist das Verhalten der Cholera in Barth. Als die Cholera in der Stadt Barth

ausbrach im Jahre 1850, blieb, wie Zaeske[4] berichtet, die eine Hälfte der Stadt, in welcher sogar das Cholerahospital gelegen war, vollkommen frei, während in der anderen fast kein Haus verschont blieb (s. d. Plan). Die Stadt besaß eine Wasserleitung, welche sich bei ihrem Eintritt in die Stadt in 2 Arme teilte. Der eine Arm wurde, da die Leitung defekt war, an einer bestimmten Stelle vor einer Herberge, in welcher eine Choleraerkrankung vorgekommen war (Heerd 2), verunreinigt durch Abwässer aus dieser Herberge. Alle jenseits dieses Punktes liegenden Häuser, welche Wasser aus den von der verunreinigten Leitung versorgten Brunnen bezogen, hatten Cholerafälle, nur einige wenige in dem infizierten Bezirke liegenden Gehöfte, welche eigene, mit der Wasserleitung nicht in

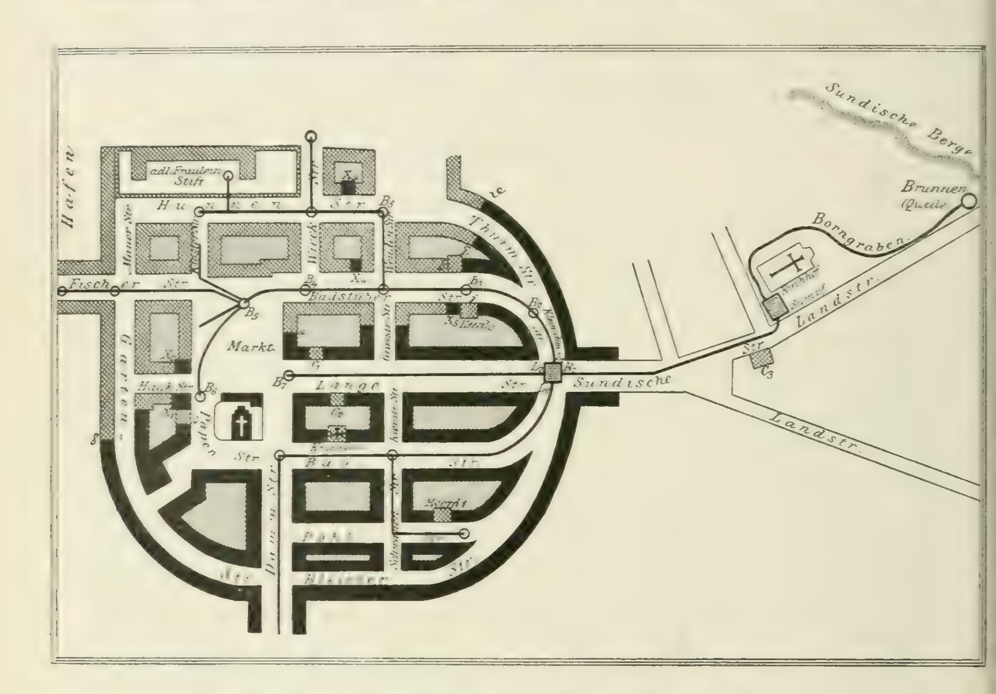



Fig. 33. Wasserleitungs-Epidemie in Barth nach Zaeske[4].

Verbindung stehende Brunnen hatten ($X_1$, $X_2$, $X_3$, $X_4$, $X_5$), blieben frei. Bei den wenigen Personen, welche in dem Bereich des nicht infizierten Abschnittes der Leitung wohnten und gleichwohl erkrankt waren ($C_1$, $C_2$, $C_3$), konnte mit Sicherheit festgestellt werden, daß sie vor der Erkrankung bei Besuchen Wasser aus dem infizierten Leitungsabschnitt getrunken hatten. Ein mit allen Kautelen angestelltes wissenschaftliches Experiment hätte einen schlagenderen Beweis für die Verbreitung der Cholera durch das Trinkwasser nicht liefern können als der Verlauf der Choleraepidemie in Barth.

Ebenso zwingend wie die Choleraepidemie in Barth beweist die Choleraepidemie in Hamburg im Jahre 1892, daß die Cholera durch das Trinkwasser verbreitet werden kann. Explosionsartig setzte die Cholera in Hamburg ein. Ueber die ganze Stadt zerstreut waren die

Erkrankungen. Das alles deutete auf eine vielen gemeinsame Infektionsquelle. Sehr bald lenkte sich der Verdacht auf das Trinkwasser, welches aus der Elbe entnommen und unfiltriert verteilt wurde. Ueberall, wo das Leitungswasser getrunken wurde, kamen Choleraerkrankungen vor, nur einige wenige öffentliche Anstalten, die Alsterdorfer Anstalten mit 575 Insassen, das Pestalozzistift mit 94, das Centralgefängnis in Fuhlsbüttel mit 1100 und die Korrektionsanstalt daselbst mit 600 Insassen blieben vollkommen frei. Alle diese Anstalten erhielten ihr Wasser nicht aus der Leitung, sondern aus eigenen Brunnen. Andere geschlossene Anstalten ähnlicher Art, welche mit Leitungswasser versorgt wurden, hatten dagegen zahlreiche Erkrankungsfälle aufzuweisen, so die Irrenanstalt Friedrichsberg mit 1363 Insassen 123, das Werk- und Armenhaus mit 1230 Insassen 45 Erkrankungen. Während Hamburg eine Morbidität von 30 pro mille aufzuweisen hatte, hatte die Schwesterstadt Altona, welche so eng mit Hamburg verbunden ist, daß eine räumliche Trennung nicht mehr besteht, daß ein nicht mit den Straßenverhältnissen Vertrauter nicht anzugeben vermag, wo Hamburg aufhört und wo Altona anfängt, nur eine Morbidität von 4 pro mille. Die Cholera respektierte die sonst nicht erkennbaren Grenzen von Altona und Hamburg. In derselben Straße, deren eine Seite zu Hamburg, deren andere zu Altona gehörte, kamen nur auf der Hamburger Seite Erkrankungen vor. Altona hatte seine eigene Trinkwasserleitung. Es bezog zwar ebenfalls sein Wasser aus der Elbe, aber unterwarf es einer sorgsamen Sandfiltration. Soweit das Hamburger Wasser reichte, so weit reichte die Cholera. Nur ein zu Hamburg gehöriger Bezirk, welcher nur von Altona aus zugängig ist und deshalb als einziger Bezirk mit Altonaer Wasser versorgt wird, der am Schillerplatz belegene „Hamburgerplatz" mit 345 Einwohnern, blieb vollkommen frei von Cholera (s. Reincke[5] und Gaffky[6]). Wasserversorgungsgebiet und Infektionsgebiet decken sich mithin bei dieser Hamburger Epidemie ganz genau. Zweifel an der ätiologischen Bedeutung des Trinkwassers für die Verbreitung der Cholera können angesichts dieser Thatsachen nicht mehr bestehen. Die Zahl der Beobachtungen, welche während der Choleraepidemie 1892/93 mit sehr großer Wahrscheinlichkeit bestimmte Wasserbezugsquellen, Wasserläufe und auch Brunnen als Infektionsquellen für bestimmte Erkrankungsgruppen haben erkennen lassen, ist eine überaus große. Aus allen von der Cholera heimgesuchten Ländern, in welchen die Epidemie von Sachverständigen genau verfolgt und erforscht ist, liegen diesbezügliche Mitteilungen vor. Es würde zu weit führen, sie alle hier einzeln aufzuführen.

Wir wollen uns darauf beschränken, eine typische, von Koch[2] selbst verfolgte „Brunnenepidemie" anzuführen. Im Stadtteil Ottensen-Altona befindet sich von vier Straßenzügen (Rotestraße, Papenstraße, große und kleine Brunnenstraße) umgeben ein Häuserkomplex, welcher aus zwei Abteilungen besteht (s. den Plan). Die westlich gelegenen Häuser sind (mit Ausnahme des Eckhauses an der Papenstraße) an die Altonaer Wasserleitung angeschlossen (auf dem Plan mit *W* bezeichnet). Der östlich gelegene Teil besteht aus mehreren, von den angrenzenden Straßen her zugänglichen, langgestreckten Höfen, welche zu beiden Seiten mit kleinen Häusern besetzt sind und welche von armen Leuten bewohnt werden. Diese von 270 Menschen bewohnten Höfe tragen den Namen „langer Jammer". Die angrenzenden Straßen

sind kanalisiert und es gehen Thonleitungen, welche mit Gullies versehen sind, von den Straßenkanälen bis auf die Höfe. Die Häuser des „langen Jammers“ sind nicht an die Wasserleitung angeschlossen, sondern mußten ihren Wasserbedarf decken aus dem von früheren Zeiten her bestehenden Pumpbrunnen, welcher neben dem Eingang zum Hofe 45 von der Papenstraße her sich befindet. Während der Sommerepidemie waren im langen Jammer einige Cholerafälle vor-

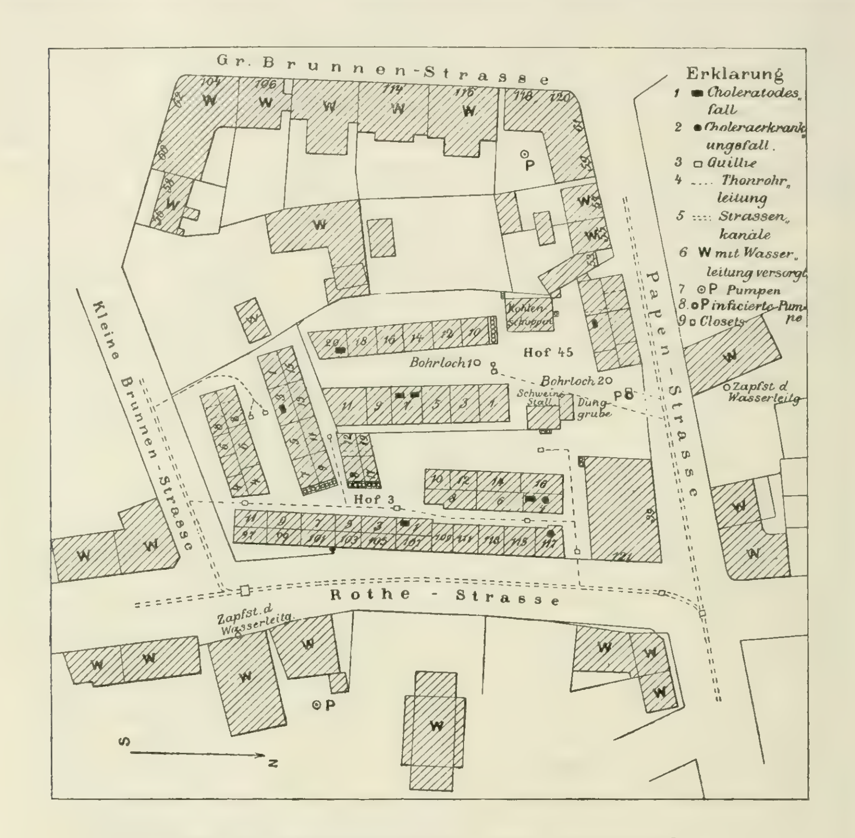



Fig. 34. **Brunnen-Epidemie in Altona nach Koch**[2].

gekommen, welche aber ohne weitere Folgen blieben. Am 21. Januar 1893 begann nun daselbst in Mitten einer in weitem Umkreise vollkommen cholerafreien Umgebung eine circumskripte Choleraepidemie. Im Laufe einer Woche erkrankten 9 Personen, von denen 7 starben. Als infolge der Häufung von Cholerafällen auf einem so engbegrenzten Gebiete der Stadt Untersuchungen über die Ursachen angestellt wurden, stellte sich erst die überraschende Thatsache heraus, daß in der mit Leitungswasser gut versorgten Stadt Altona sich eine Häusergruppe befand, welche kein Leitungswasser erhielt, und daß sich der Choleraherd ausschließlich auf diese Häuser beschränkte. Der Verdacht lenkte sich nun sofort auf den erwähnten Brunnen auf dem Hofe 45. Eine eingehende Untersuchung ergab, daß das Grundwasser nicht infiziert gewesen sein konnte. Der Brunnen stand in gut

filtrierendem, feinkörnigem Sande. Auch hätten dann die benachbarten Brunnen in ähnlicher Weise von Cholerafällen umgeben gewesen sein müssen, was nicht der Fall war. Es mußte demnach der Infektionsstoff von oben zugeführt sein. Nach Entfernung der Holzbedeckung des Brunnens zeigten sich an derjenigen Seite des Brunnens, wo der Ausguß und daneben das Gully sich befand, nasse Schmutzstreifen, welche von oben bis zum Wasserspiegel gingen und den Weg, welchen Schmutz und Flüssigkeit von oben her gefunden hatten, sichtbar kennzeichneten. Da der Brunnen, wie die Untersuchung ergab, die tiefste Stelle des Hofes einnahm, so war die Möglichkeit, daß Choleradejektionen oder Spülwasser von Cholerawäsche, welche auf dem gefrorenen Boden ausgegossen waren, in den Brunnen gelangt sein konnten, gegeben. Daß während dieser Zeit in der Frostperiode, als die Gullies eingefroren waren, die Abwässer von dem Hofe 45 in der That ihren Weg nach dem Brunnen nahmen, ging aus der Beobachtung hervor, daß das Wasser des Brunnens, nachdem der Hof gleich nach dem Auftreten der ersten Fälle gesäubert und mit Carbolsäure besprengt war, nach Carbol gerochen haben soll. Auf jeden Fall, sei es auf diesen, sei es auf einem anderen ähnlichen Wege, sind Cholerabakterien in den Brunnen gelangt, denn sie sind thatsächlich in demselben nachgewiesen (s. u.).

Wenn das Wasser in so vielen Fällen das Medium darstellte, welches die Infektion vermittelte, so war natürlich auch das Postultat gerechtfertigt, daß in den verdächtigen Wässern auch der Erreger der Krankheit, der spezifische Kommabacillus nachgewiesen wurde.

Eine sichere Methode zum Nachweise der Cholerabakterien im Wasser war zur Erfüllung dieses Postulates ein Haupterfordernis.

Bis zur letzten Choleraepidemie kam ausschließlich die für die bakteriologische Wasseruntersuchung überhaupt giltige Methode zur Anwendung. Eine Anzahl Röhrchen mit Fleischwasserpeptongelatine wurden flüssig gemacht und mit 1, 2, 3, 4, 5, 10, höchstens 20 Tropfen des zu untersuchenden Wassers versetzt. Je unreiner das Wasser, um so kleiner mußte die in die einzelnen Röhrchen eingebrachte Wassermenge sein, weil anderenfalls die Zahl der Kolonien, welche in der nach gehöriger Durchmischung auf Glasplatten oder in Petri'sche Schälchen ausgegossenen und in flacher Schicht erstarrten Gelatine zur Entwickelung kamen, eine so große war, daß an den einzelnen Kolonien nicht mehr ihre charakteristischen Eigentümlichkeiten erkennbar waren. Daß die Schwierigkeit, vereinzelte Cholerabakterienkolonien unter Tausenden und Abertausenden häufig gewisse Aehnlichkeiten bietender Kolonien anderer Bakterien herauszufinden, eine sehr große ist, liegt auf der Hand. Nur für den Fall, daß die Cholerabakterien in relativ großer Zahl in der zu untersuchenden Wasserprobe vorhanden waren, konnte man mit einiger Zuversicht ein positives Ergebnis der Untersuchung erwarten. Begünstigend wirkte außerdem noch ein anderes Moment — die Anwendung einer deutlich alkalischen Gelatine, in welcher die Cholerabakterien nach den Untersuchungen Koch's besonders kräftig gedeihen.

Mit Hilfe dieser Methode ist es denn auch gelungen, Cholerabakterien in verdächtigen Wässern nachzuweisen.

Im Jahre 1884 gelang es Koch[7] in Saheb-Bagan, einem in der Calcuttaer Vorstadt, Sektion Belliaghatta, rings um einen Tank ge-

legenen Hüttenkomplexe, in welchem eine Choleraepidemie herrschte, Cholerabakterien an 2 verschiedenen Tagen aus dem Wasser dieses Tanks zu isolieren. Nicati und Rietsch fanden Cholerabacillen im Wasser des Hafens von Marseille. Cunningham berichtet, daß er zweimal Koch'sche Kommabacillen in dem Wasser eines indischen Tanks gefunden habe, Guarch, daß er aus in Kufen aufbewahrtem Wasser, welches der Ausgangspunkt für eine Choleraepidemie gewesen zu sein schien, Cholerabacillen isoliert habe. Pasquale hat sie in 2 Schöpfbrunnen bei Massaua nachgewiesen, C. Fraenkel im Duisburger Zollhafenkanal, Biernacki im Wasser eines Lubliner Brunnens, Lubarsch im Bilgwasser eines Schleppdampfers auf der Elbe. (Litteratur s. bei Dunbar[8] S. 381).

In dem Wasser der Elbe bei Hamburg, welches doch unzweifelhaft die ausgedehnte Choleraepidemie in der Stadt veranlaßt hatte, gelang der Nachweis der spezifischen Erreger jedoch nicht. Die Zahl der saprophytischen Bakterien war in dem stark verunreinigten Wasser eine so große, daß es geradezu ein glücklicher Zufall gewesen wäre, wenn der Nachweis vereinzelter Cholerabakterien in den zur Aussaat in die Nährgelatine verwendeten geringen Wassermengen gelungen wäre.

Es bedurfte einer speziellen, vollkommneren Methode, um den Nachweis selbst vereinzelter Cholerabacillen in stark mit Saprophyten verunreinigten Wässern erbringen zu können. Die Lösung des Problems gelang dadurch, daß erstens nicht mehr wie früher geringe Mengen des verdächtigen Wassers zur Untersuchung herangezogen wurden, nicht Teile eines Tropfens oder Kubikcentimeters, sondern größere Mengen, 100, 200, ja selbst 1000 ccm, und daß zweitens auf den direkten Nachweis der in den zu untersuchenden Wasserproben in geringer Menge vorhandenen Keime verzichtet wurde. Das Wasser wurde durch Zusatz von Nährstoffen zu einem guten Nährboden für die Cholerabacillen gemacht. Innerhalb weniger Stunden vervielfachten sich bei Brüttemperatur die vereinzelten Cholerakeime. Dann erst wurden Proben davon in Nährgelatine oder auf Agar ausgesät. Die nun in größerer Zahl vorhandenen verdächtigen Kolonien konnten mit Leichtigkeit aufgefunden und weiter geprüft werden. Zahlreiche Forscher, Heim[9], Loeffler[10], van Ermengem[11], Bujwid[12], Arens[13] u. A. haben, von ähnlichen Ideen geleitet, Verfahren zum Nachweise der Cholerabakterien im Wasser angegeben.

Die besten Ergebnisse liefert das von R. Koch[14] mitgeteilte Peptonverfahren, welches auf der zuerst von Dunham aufgefundenen Fähigkeit der Cholerabakterien basiert, in einer einfachen Lösung von 1 Proz. Pepton und 0,5 Proz. Kochsalz ausgezeichnet zu wachsen. Die Beobachtung von Dunham wurde von Dunbar während der letzten Choleraepidemie im Hamburger hygienischen Institute zur Untersuchung von Choleraobjekten benutzt und zu einem brauchbaren Verfahren gestaltet. Das Verfahren wurde dann auch systematisch zum Nachweis der Cholerabakterien im Wasser herangezogen. 100 ccm des zu untersuchenden Wassers werden unmittelbar 1 Proz. Pepton und 1 Proz. Kochsalz zugesetzt und die Mischung dann bei 37° C gehalten. Nach 10, 15 und 20 Stunden werden von der Peptonkultur Gelatine bez. Agarplatten beschickt. Die auf den Platten zur Entwickelung gelangten choleraverdächtigen Kolonien werden dann mikroskopisch geprüft und, sofern sie aus gekrümmten Bakterien be-

stehen, weitergezüchtet zur Anstellung der Indolreaktion und des Tierversuches.

Mit Hilfe des Anreicherungsverfahrens sind nun nach den Mitteilungen von R. Koch Cholerabakterien nachgewiesen worden im Winter 1892/93 im Elbwasser unterhalb der Sielmündungen Hamburgs, in einem Absitzbehälter des Altonaer Filterwerks, in dem oben (S. 624) erwähnten Brunnen in Altona, in dessen Umgebung eine isolierte Epidemie sich entwickelt hatte, auf den Rieselfeldern der Irren-Anstalt Nietleben bei Halle nach Ausbruch der heftigen Choleraepidemie dortselbst im Januar 1893, ferner auch in dem Leitungswasser dieser Anstalt, welches aus der durch ungereinigte Rieselwässer stark verunreinigte Saale entnommen und ungenügend filtriert war, sowie endlich auch im Saalewasser selbst. Van Ermengem hat sie in einem Wasserlauf nachgewiesen, an dessen Ufern Cholera herrschte, Bernhard Fischer in Wasserproben aus dem Nordostseekanal, Spronck in Holland in 11 untersuchten verdächtigen Wasserproben 5mal, Antonio Mendoza in verschiedenen spanischen Bächen und Flüssen.

Somit schien das Ideal einer Methode zur Untersuchung des Wassers auf Cholerabakterien erreicht zu sein. Als nun aber überall mit Hilfe der neuen Anreicherungsmethode Wasserproben aus Bächen, Flüssen, Seen, Brunnen untersucht wurden, stellte sich die wichtige Thatsache heraus, daß überaus häufig in den untersuchten Proben „Kommabacillen“ vorhanden waren, welche zum Teil leicht von Cholerabakterien unterschieden werden konnten, zum Teil aber in allen ihren biologischen Eigentümlichkeiten den echten Cholerabakterien so ähnlich waren, daß selbst geübte Beobachter sie nicht von denselben mit Sicherheit zu unterscheiden vermochten.

Vibrionen, welche nur eine entfernte Aehnlichkeit mit Cholerabakterien besitzen, sind aufgefunden worden von Rénon bei Villancourt, von Russel im Golf von Neapel, von Weibel in Brunnenwasser, von Bujwid in Flußwasser, von Loeffler im Peeneflußwasser, von Fokker im Groninger Hafenwasser, von Kießling in einer Wasserprobe aus Blankenese, von Bonhoff in einer solchen aus Stolpe, von Blachstein und Sanarelli im Seinewasser (Litteraturangabe s. bei Dieudonné[15] und Dunbar[8]). R. Koch berichtete in seinem Werke „Der augenblickliche Stand der Choleradiagnose“, daß im Institut für Infektionskrankheiten fast ein Dutzend derartiger, zu den Spirillen gehöriger Bakterien gesammelt seien, daß sie sich aber für ein geübtes Auge schon mehr oder weniger durch das Aussehen der Agar- und Gelatinekulturen von den Cholerabakterien unterschieden, sehr leicht und sicher aber durch das Fehlen der Indolreaktion und der toxischen Wirkung auf Meerschweinchen von diesen differenziert werden konnten.

Abgesehen von diesen von den Cholerabakterien leicht unterscheidbaren Vibrionen ist nun aber noch eine ganze Reihe von cholerabacillenähnlichen Organismen in Wasserläufen aufgefunden worden, welche in Gelatine bez. Agarplatten greifbare Unterscheidungsmerkmale nicht darboten, welche außerdem die Cholerarotreaktion gaben und für Meerschweinchen bei intraperitonealer Injektion tötlich wirkten. Zu dieser Gruppe gehören der Vibrio Berolinensis, von Rubner, Neißer und Günther näher beschrieben, der Vibrio Danubicus von Heider, mehrere von Sanarelli im Seinewasser aufgefundene Vibrionen und endlich die von Dunbar, Oergel und Willgerodt

bei der Untersuchung von etwa 1100 Wasserproben aus dem Stromgebiete der Elbe, des Rheins, der Oder, der Pegnitz und der Amstel in mehr als 100 Proben isolierten choleraähnlichen Vibrionen. Namentlich die letzteren umfangreichen Untersuchungen beanspruchen eine ganz hervorragende Beachtung. Die choleraähnlichen Vibrionen wurden vorwiegend an den Stellen in den Stromläufen gefunden, an welchen vorher oder nachher Erkrankungen an Cholera auftraten. Nur 3 Fälle machten eine Ausnahme. Bei Dresden in der Elbe, bei Naumburg in der Unstrut und bei Nürnberg in der Pegnitz wurden sie ebenfalls nachgewiesen, ohne daß an diesen Orten eine Choleraerkrankung vorgekommen war. Die Vibrionen wurden auch nur während gewisser Zeiten gefunden, so in der Nähe von Hamburg nur in der Zeit vom 19. Juli bis 4. November 1893. Am häufigsten wurden sie gefunden während der Monate August und September. Nach dem Aufhören der Choleraerkrankungen wurden sie immer seltener, bis sie schließlich ganz ausblieben. Aber noch am 19. Dezember 1893, also zu einer Zeit, als schon seit mehr als einem Monate der Nachweis im freien Stromlauf nicht mehr gelungen war, konnten sie im Schlamme des Flußbettes nachgewiesen werden.

In Stettin und Ruhrort, woselbst zahlreiche Cholerafälle vorkamen, wurden sie in großer Verbreitung gefunden.

In der Weser, in der Weichsel, in Proben aus dem Ocean, der Nethe bei Antwerpen, dem Kanal von Marseille, der Rhône, der Saône, dem Tiber und dem Potomac konnten sie nicht entdeckt werden, wohl aber in der Amstel bei Amsterdam, wo Choleraerkrankungen vorgekommen sind.

Die morphologische und biologische Uebereinstimmung dieser Flußvibrionen mit echten Cholerabakterien, die Koincidenz ihres Auftretens in den Flußläufen mit Choleraerkrankungen der Anwohner machte die Annahme wahrscheinlich, daß es sich bei diesen Vibrionen um wirkliche Cholerabakterien handelte. Kleine Wachstumsdifferenzen gegenüber typischen Cholerakulturen konnten wegen ihrer Inkonstanz einerseits und wegen des Vorkommens ähnlicher Abweichungen auch bei echten Cholerakulturen für eine Trennung nicht ausschlaggebend sein. Da machten gleichzeitig Kutscher, sowie auch Oergel und Willgerodt unabhängig von einander die Beobachtung, daß ein Teil der Wasservibrionen in gewöhnlicher Peptonbouillon bei Luftzutritt und geeigneter Temperatur kultiviert, phosphorescierte. Bei unzweifelhaften Cholerakulturen ist gelegentlich der zahllosen Versuche, welche mit denselben angestellt worden sind, eine Phosphorescenz niemals beobachtet worden. Wäre die Phosphorescenz eine den betreffenden Vibrionen unveränderlich anhaftende Eigenschaft, so wären sie durch dieselbe sicher von den Cholerabakterien unterschieden. Die im Hamburger hygienischen Institut angestellten diesbezüglichen Untersuchungen haben nun aber, wie Dunbar berichtet, ergeben, daß unter 68 Kulturen, bei denen Phosphorescenz mit Bestimmtheit beobachtet worden ist, 38 Kulturen diese Eigenschaft nicht konstant gezeigt haben. Bei einer Reihe dieser Kulturen war sie anscheinend ganz erloschen, bei anderen war sie verschwunden, war aber später wieder vorhanden. Auch Hüppe hat das Verschwinden der Phosphorescenz bei den von ihm verfolgten leuchtenden Vibrionen beobachtet, Kutscher hingegen

bei seinen sämtlichen im hygienischen Institute zu Giessen fortgezüchteten Kulturen die Konstanz der Phosphorescenz festgestellt.

Wegen der Inkonstanz der Phosphorescenz glaubte Dunbar bei der Beurteilung der Identität bez. der Verschiedenheit der Wasservibrionen sich vorläufig noch einige Reserve auferlegen zu müssen, neigte aber mehr der Annahme zu, daß sie keine echten Choleravibrionen seien. Die aus dem Rhein bei Ruhrort und aus der Oder bei Stettin gewonnenen Kulturen hatten niemals Phosphorescenz gezeigt, ebenso einige der bei Hamburg aus der Elbe isolierten. Diese konnten möglicherweise echte Cholerabakterien sein. Den sicheren Beweis zu führen, war aber nach dem damaligen Stande der Kenntnisse nicht möglich.

Diese bei der Choleradiagnose bestehende Lücke hat nun in letzter Zeit R. Pfeiffer[16] [17] von dem Institute für Infektionskrankheiten in Berlin durch Angabe einer neuen Methode auszufüllen vermocht, und zwar mit Hilfe der Chlolerabakterien selbt. Menschen, Ziegen, Kaninchen und Meerschweinchen, welche der krank machenden Wirkung lebender Cholerabakterien oder deren Giftstoffen ausgesetzt gewesen sind, erlangen dadurch einen gewissen Grad von Immunität. Meerschweinchen lassen sich leicht durch die Injektion langsam steigender Dosen von Cholerabakterien hoch gegen Cholerabakterien immunisieren, sodaß sie ein erhebliches Vielfaches der für nicht vorbehandelte Meerschweinchen sicher tödlichen Dosis von Cholerabakterien intraperitoneal vertragen. Das Blutserum der immunen Tiere enthält Stoffe, welche in sehr geringen Mengen erhebliche Mengen von Cholerabakterien zu zerstören vermögen, wenn man sie zusammen mit den Cholerabakterien in die Bauchhöhle gesunder Meerschweinchen einspritzt. Wenn man aus der Bauchhöhle eines solchen Meerschweinchens mit einem zu einer Kapillare ausgezogenen Glasröhrchen von Zeit zu Zeit Flüssigkeitströpfchen entnimmt und diese unter dem Mikroskope untersucht, so sieht man, daß bereits wenige Minuten nach der Injektion die vorher lebhaft schwärmenden Vibrionen unbeweglich erscheinen. Dann beginnen sie aufzuquellen, werden oval und wandeln sich in ziemlich stark lichtbrechende, kugelige Gebilde — Granula — um. Die Granula werden beim weiteren Fortschreiten des Prozesses blasser und blasser, verlieren ihren scharfen Kontur, ihre Färbbarkeit mit Anilinfarben und verschwinden schließlich in der Exsudatflüssigkeit ohne Rest. Dieser Auflösungsprozeß geht nur im Tierkörper vor sich. Die Schnelligkeit desselben ist abhängig von dem Wirkungswert des wirksamen Serums und der Menge der eingebrachten Cholerabakterien. Zur Feststellung des Wirkungswertes eines Choleraserums bedarf man einer Cholerabakterienkultur von bekannter Wirksamkeit. Pfeiffer verwandte als „Normalvirus" eine Kultur, von welcher nach 20-stündigem Wachstum auf Agar bei Körpertemperatur $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ Platinöse gleich 0,4 resp. 0,2 mg feuchter Bakterienmasse ausreichten, um Meerschweinchen von 200 g Gewicht innerhalb 24 Stunden bei intraperitonealer Einspritzung zu töten. Diejenige geringste Serummenge, welche gerade ausreichte, 2 mg des Normalvirus (d. h. das 5- bis 10 fache Multiplum der Dosis letalis minima) innerhalb einer Stunde zur Auflösung zu bringen, wenn sie, in 1 ccm Bouillon mit der Choleradosis gemischt, in das Peritoneum junger Meerschweinchen von 200 g Gewicht injiziert wurde, bezeichnete er als den „Titer des Serums". Das wirksamste Meerschweinchenserum, welches er dargestellt

hat, hatte den Titer $^{1}/_{2}$ mg. Nimmt man z. B. von einem hochwirksamen Serum eine nicht zu kleine Dosis, von einem Serum vom Titer 1 mg etwa eine Menge von 0,02 g Serum, d. h. also das Zwanzigfache der Dosis efficax, so vollzieht sich der Vorgang der Auflösung der Cholerabakterien innerhalb 15—20 Minuten. Nach dieser Zeit sind im Peritonealexsudat nur noch Granula vorhanden. Geht die Serumdosis nur wenig über die Dosis minima efficax hinaus, so zieht sich der Prozeß mehr in die Länge, die Körnchenbildung ist weniger energisch, und man trifft noch nach 1 Stunde, ja sogar noch später im hängenden Tropfen spärliche bewegliche Vibrionen.

Von fundamentaler Bedeutung ist nun die von Pfeiffer gefundene Thatsache, daß sich die baktericide Eigenschaft, welche verdünntes Choleraserum durch den Aufenthalt in der Bauchhöhle normaler Meerschweinchen erlangt, nur den Cholerabakterien gegenüber geltend macht. Andere Vibrionenarten verhalten sich darin nicht anders wie in dem Peritonealexsudat von Meerschweinchen, denen reine Bouillon eingespritzt worden war. Falls sie einer pathogenen Art angehören, bleiben sie beweglich und vermehren sie sich bis zu dem früher oder später eintretenden Tode des Tieres; waren sie nicht pathogen, so bleiben sie immerhin noch stundenlang, nach und nach an Zahl sich verringernd, nachweisbar.

Hat man nun in einer Wasserprobe choleraverdächtige Organismen gefunden, so verfährt man, um festzustellen, ob dieselben echte Cholerabakterien sind oder nicht, nach der Vorschrift von R. Pfeiffer folgendermaßen:

Von einer 20-stündigen Agarkultur wird eine Oese mit 1 ccm Bouillon und 0,01 eines Serums, dessen Titer mindestens 0,001 beträgt, gemischt und einem Meerschweinchen von 200—300 g intraperitoneal injiziert. Die Injektion geschieht, nachdem man das Corium mit einem kleinen Scherenschnitt gespalten, mit abgestumpfter Kanüle. Nach 20 Minuten entnimmt man mit einer Glaskapillare eine geringe Menge des Bauchhöhleninhaltes und untersucht im hängenden Tropfen und im gefärbten Präparat. Sind nach dieser Zeit im Peritoneum noch zahlreiche wohlerhaltene und bewegliche Vibrionen vorhanden, so ist die Reaktion negativ ausgefallen, es handelt sich also nicht um Cholerabakterien. Zeigen sich dagegen nach 20 Minuten im Exsudat die injizierten Kommabacillen in Granula verwandelt, unter denen höchstens noch ganz vereinzelte, unbewegliche Vibrionen sichtbar sind, so liegen zwei Möglichkeiten vor: 1) die zu prüfende Kultur ist aller pathogenen Eigenschaften beraubt, sodaß sie auch im normalen Tier einer rapiden Vernichtung anheimfällt, oder 2) es handelt sich um echte Cholera, welche von der auflösenden Wirkung der spezifisch baktericiden Stoffe betroffen ist (positiver Ausfall der Reaktion). Die Entscheidung giebt uns ein Kontrolltier, welches eine Oese der fraglichen Kultur in 1 ccm Bouillon + 0,01 normalen Serums injiziert erhält. Wenn nach 20 Minuten im Peritonealexsudat des Kontrolltieres die Lebensfähigkeit der Vibrionen sich erhalten zeigt, so ist die Choleranatur dieser Kommabacillenspecies als erwiesen zu betrachten. Anderenfalls, wenn die Vibrionen auch im Kontrolltier verschwunden sind, ist eine bestimmte Entscheidung mit dieser Reaktion vorderhand nicht zu erzielen. Es könnte sich um Cholera handeln, welche ihre Virulenz vollständig eingebüßt hat, oder wahrscheinlicher um eine der zahlreichen

saprophytischen Vibrionenarten, wie sie so häufig in Wasserproben gefunden werden. In solchen schwierigen — aber, wie hervorgehoben sein möge, praktisch nur selten bedeutungsvollen — Fällen kann man, wenn es sich um eine irgendwie besonders interessante Kultur handelt, noch auf einem Umwege zum Ziele gelangen. Man benutzt dann die zu prüfende Vibrionenart zur aktiven Immunisierung von Meerschweinchen und sieht zu, ob im Blute dieser Tiere die spezifischen Antikörper der Cholera auftreten. Jede besondere Vibrionenart immunisiert nur gegen die gleiche Art, nicht aber gegen die anderen Arten.

Cholerakulturen der allerverschiedensten Provenienz, aus Epidemien verschiedener Jahre, aus verschiedenen Orten und Ländern stammend, verhielten sich alle ganz gleich in absolut typischer Weise gegen die Pfeiffer'sche Reaktion. Unter den zahlreichen aus dem Wasser gezüchteten Vibrionenkulturen haben sich nur diejenigen als zur Cholera gehörig erwiesen, welche unter Verhältnissen gefunden sind, wo auch aus anderen Gründen auf intensivste Verunreinigung der betreffenden Wasserproben mit den Dejekten Cholerakranker geschlossen werden mußte, oder wo sogar der Genuß derartiger Wässer zu Choleraerkrankungen geführt hat.

Die überaus umfangreichen und sorgfältigen Nachprüfungen, welchen Dunbar [18] in Hamburg das Pfeiffer'sche Verfahren unterzogen hat, haben ebenso wie die Nachprüfungen desselben im hygienischen Institute zu Greifswald zu einer rückhaltlosen Anerkennung der Sicherheit und praktischen Verwertbarkeit desselben geführt.

Der Nachweis der Cholerabakterien im Wasser, die noch vor kurzem so überaus schwierige Differenzierung der echten Cholerabakterien von den zahlreichen ihnen ähnlichen Bakterienarten im Wasser, ist somit durch die Pfeiffer'sche Reaktion zum endgiltigen Abschlusse gebracht.

**Zur Methodik des Nachweises der Cholerabakterien.**

Das Aussehen der Cholerakolonien in der Gelatine ist besonders charakteristisch. Die typische Cholerakolonie ist rundlich, nicht kreisrund, von grauer oder graugelblicher Farbe, grob gekörnt und eigentümlich glänzend, sie sieht aus, wie R. Koch treffend beschrieben hat, als wäre sie aus kleinen Glasbröckchen zusammengesetzt. Die Kolonie liegt am Grunde eines Verflüssigungstrichters der Gelatine, schon makroskopisch als weißes Pünktchen erkennbar. Die verflüssigte Gelatine in dem Trichter ist klar und durchsichtig. Nur ganz ausnahmsweise erscheint sie getrübt. Da dieses Aussehen einerseits für die Diagnose besonders wichtig, andererseits aber in verschieden hergestellten Gelatinen nicht ganz übereinstimmend ist, so hat man zahlreiche Vorschriften gegeben für die Bereitung einer guten Choleragelatine. Eine solche soll 1 Proz. Pepton, 1 Proz. Kochsalz, 10 Proz. Gelatine enthalten, deutlich alkalisch reagieren, was durch Zusatz von $^1/_2$—1 Proz. Soda zu der mit Lackmus neutralisierten Gelatine erzielt wird, und bei 22° C., bei welcher Temperatur die Entwickelung der Kolonien schneller erfolgt als bei gewöhnlicher Zimmertemperatur von 18° C., noch fest bleiben, nicht weich werden oder gar zerfließen. Die Bouillon kann aus Rind-, Pferde- oder Hammelfleisch bereitet werden. Stutzer und Burri [19] halten eine fast neutrale Fleischwasserpeptongelatine vorrätig, welche nur 0,01

bis 0,02 Proz. Soda enthält, und setzen nach dem Verflüssigen unmittelbar vor dem Gebrauch erst soviel von einer sterilisierten Sodalösung hinzu, daß die Gesamtflüssigkeit 0,3—0,4 Proz. Soda enthält. Die Gelatine ist dann trübe. Um die Cholerakolonien, welche in derselben gewachsen sind, bildet sich ein konzentrischer, vollständig klarer Hof, unter charakteristischer Verflüssigung der eigentlichen Kolonie. Die klare Zone entsteht nach Angabe der Autoren durch Lösung des ausgeschiedenen Eiweißes. Der helle Hof soll das Auffinden der Cholerabakterien erleichtern.

Elsner[20] empfiehlt für die Schnelldiagnose der Cholerabakterien eine Nährgelatine, welche 25 Proz. Gelatine enthält und bei Temperaturen bis zu 30° C. gehalten werden kann, ohne zu zerfließen. Bei 27,5—28° C. zeigen in dieser Gelatine die Cholerakolonien nach 9—10 Stunden bereits eine Größe, welche die bei 21° C. auf gewöhnlicher Gelatine gewachsenen Kolonien erst nach 2 Tagen darbieten. Nach 24-stündigem Wachstum sind sie 2—3 mal so groß wie 3-tägige Cholerakolonien auf gewöhnlicher Gelatine.

Die Herstellung der Gelatine geschieht nach Elsner auf folgende Weise:

„Zu 1 l Wasser fügt man 250 g Gelatine, 10 g Liebig's Fleischextrakt, 10 g Pepton und 5 g Kochsalz und erwärmt die Mischung in einem Wasserbade von 50° C. bis zur vollständigen Lösung der Gelatine, dann setzt man Sodalösung bis zur deutlichen alkalischen Reaktion, sodann das Weiße von einem Hühnerei zu und schüttelt kräftig durch. Man kocht nun genau eine Stunde im strömenden Dampfe von 100° C. und filtriert durch Fließpapier unter mäßiger Erwärmung des Trichters. Man erhält dann eine klare, leicht gelbbraun gefärbte Gallerte, die nach der Einfüllung in Röhrchen behufs Sterilisierung an 3 aufeinander folgenden Tagen je genau 15 Minuten im Dampf von 100° sterilisiert wird."

Ganz vorzüglich eignet sich für die Kultur der Cholerabakterien eine von Deycke[21] mit Hilfe von Alkalialbuminaten hergestellte Nährgelatine. Die Kolonien haben in derselben ein sehr charakteristisches Aussehen. Sie sind nicht rund, sondern unregelmäßig schnörkelig gestaltet und liegen in einem von einem scharfen Rande begrenzten Verflüssigungsbezirk. Die Körnung ist sehr deutlich.

Die Herstellung der Gelatine ist etwas mühsam: 1 kg fein gehacktes fettfreies Fleisch — alle Fleischsorten können genommen werden; besonders gut eignet sich nach den im Greifswalder hygienischen Institute angestellten Versuchen Fischfleisch — wird mit 1200 ccm 3-proz. Kalilauge 2 Tage lang bei 37° C. digeriert und dann einige Stunden bei 60—70° C. gehalten. Aus dem klaren Filtrate wird das gebildete Alkalialbuminat mit Salzsäure gefällt und darauf in Sodalösung durch längeres Kochen gelöst. Die Lösung soll schwach alkalisch sein. In einer Probe der Lösung wird der Trockenrückstand bestimmt und nunmehr die Lösung so weit verdünnt, daß sie 2—3 Proz. Trockenrückstand enthält. Nach Zugabe von 10 bis 15 Proz. Gelatine wird mit Soda bis zur schwach alkalischen Reaktion versetzt.

Da die Gewinnung des Alkalialbuminates etwas umständlich ist, hat Deycke der chemischen Fabrik von E. Merck in Darmstadt die Herstellung desselben übergeben. Von dem käuflichen Präparate empfiehlt Deycke jetzt $2^1/_2$ Proz. nebst Pepton 1 Proz., Kochsalz 1 Proz. und Gelatine 10 Proz. mit dem entsprechenden Volumen destillierten Wassers anzusetzen, mit 2 Proz. einer Sodalösung von 1 Soda + 2 Wasser zu neutralisieren, $1^1/_2$ bis höchstens 2 Stunden im Dampfstrom zu kochen

und dann zu filtrieren. Zur Schnelldiagnose der Cholerabakterien empfiehlt Deycke nach dem Vorgange von Freymuth und Lickfett[22] eine Mischung von Agar und Gelatine, welche eine Temperatur von 37° aushält, ohne zu schmelzen:

2 Proz. Agar, 5 Proz. Gelatine, $2^1/_2$ Proz. Alkalialbuminat, 1 Proz. Kochsalz und 1 Proz. Pepton werden mit der nötigen Quantität Wasser unter gelinder Erwärmung bis zum Schmelzen der Gelatine angerührt, nach sorgfältiger Neutralisierung mit 2 Proz. der $33^1/_3$-proz. Sodalösung alkalisiert, 2 Stunden im Dampf gekocht und durch sterile Watte schnell filtriert.

Wenn man ein Röhrchen dieser Agargelatine mit Cholerabakterien beschickt, in ein Petri'sches Schälchen ausgießt und bei 37° hält, so sieht man regelmäßig nach 5 Stunden deutlich entwickelte Kolonien, die etwa die Größe von 15—20 Stunden alten Kolonien auf gewöhnlicher Gelatine haben. Sie gleichen denselben ungemein und bieten das typische Aussehen der Cholerakolonien, wie es Koch beschrieben hat, nur mit dem Unterschiede, daß sich zunächst keine Verflüssigung des Nährbodens zu erkennen giebt. Läßt man derartige Platten weiter bei 20—22° stehen, so hat man am nächsten Tage sehr üppig entwickelte Kolonien, die von einem deutlichen Verflüssigungshofe umgeben sind, welcher aber, weil gallertig, hauptsächlich optisch in die Erscheinung tritt.

Auf dem gewöhnlichen Nähragar ist das Wachstum der Cholerabakterien kein so charakteristisches. Sie bilden, wenn sie sich auf der Oberfläche von Agar entwickelt haben, mäßig große Kolonien mit einem eigentümlichen hell-graubraunen, transparenten Aussehen (R. Koch). Etwas charakteristischer sind die in der Tiefe liegenden Kolonien, welche, unregelmäßig gestaltet, graubraun von Farbe, durch ihre deutliche Körnung sich von den Kolonien vieler anderer Bakterien unterscheiden.

Die Deycke'schen Nährböden haben, abgesehen von der schnellen und typischen Entwickelung der Cholerabakterien in denselben, die Eigentümlichkeit, daß sie eine ganze Reihe von Mikroorganismen am Wachstum verhindern.

Auch zum Anreichern der Cholerabakterien scheint ein $2^1/_2$-proz. Alkalialbuminatzusatz zu der 1-proz. Pepton-Kochsalzlösung mit nachfolgender Neutralisation mittels 2 Proz. der $33^1/_3$-proz. Sodalösung sich gut zu eignen.

Hervorzuheben ist noch, daß in den Deycke'schen Nährböden die Cholerakulturen ihren spezifischen aromatischen, an den der Apfelblüte erinnernden Geruch in besonders intensiver Weise entwickeln.

Maaßen[23] empfiehlt, für den Nachweis der Cholerabakterien im Wasser zunächst das Peptonkochsalz-Anreicherungsverfahren anzuwenden, dann aber aus dieser Vorkultur eine zweite Vorkultur anzulegen auf schräg erstarrtem Blutserum bei Brüttemperatur. Auf diesem Substrate wachsen die Cholerabakterien üppig; sie wuchern in die Tiefe und verflüssigen das Blutserum durch Peptonisierung. In der Tiefe der durch das Wachstum der Cholerabakterien auf dem Blutserum entstandenen kleinen Löcher und Rinnen findet man sie fast in Reinkultur, sodaß man mit Hilfe der Gelatine- oder Agarplatten schnell und sicher Reinkulturen zur Anstellung der weiteren differentialdiagnostischen Untersuchungen gewinnen kann.

Die Indol- oder Cholerarotreaktion wird am besten angestellt in der Weise, daß man von den zu prüfenden Kolonien in der Platte in eine

Lösung von 1 Proz. Pepton + 1 Proz. Kochsalz oder nach Beyerinck, Stutzer und Burri in eine solche von 0,5 Proz. Pepton + 0,1 bis 0,3 Proz. Natriumkarbonat überimpft, die besäten Röhrchen 7—12 Stunden bei Brüttemperatur stehen läßt und dann dieselben mit nitritfreier konzentrierter oder besser mit etwas verdünnter (1 : 5 Wasser) Schwefelsäure versetzt. Die Cholerabakterien bilden Indol und Nitrit, durch die Schwefelsäure wird die salpetrige Säure frei gemacht, und diese bildet mit dem Indol das schön bordeauxrote Nitrosoindol — das Cholerarot. Schüttelt man die rotgefärbte Flüssigkeit mit Amylalkohol, so geht der Farbstoff in diesen über. Da das Nitrit aus den Spuren von Nitraten herrührt, welche als freilich konstante, aber in ihrer Menge schwankende Verunreinigung im Kochsalze enthalten sind, so hat Bleisch[24] empfohlen eine Lösung von:

| | |
|---|---|
| Pept. sicc. (Witte) | 2,0 |
| Natr. chlor. purissimi | 0,5 |
| Aq. dest. | 100,0 |
| Sol. Kal. nitric. purissimi | (0,08 : 100) gutt. XXX—L. |


1) **Snow**, *On the mode of communication of Cholera, London* 1855.
2) **R. Koch**, *Die Cholera in Deutschland während des Winters* 1892—93, *Z. f. H.* 15. *Bd.* 89.
3) **C. Flügge**, *Die Verbreitungsweise und Verhütung der Cholera auf Grund der neueren epidemiologischen Erfahrungen und experimentellen Forschungen, Z. f. H.* (1893) 14. *Bd.* 122, *Verbreitung der Ch. d. Trinkwasser* 136 *ff.*, *Litteratur* 201.
4) **Zaeske**, *Die Cholera-Epidemie in Barth im Jahre* 1850, *ein Beitrag zur Koch'schen Trinkwassertheorie, Korrespondenzblatt des Aerztevereins des Regierungsbez. Stralsund* (1885) *No.* 22, 25. *Nov.*
5) **J. J. Reincke**, *Die Cholera in Hamburg, D. med. W.* (1893) *No.* 3 *u.* 4; *Die Cholera in Hamburg und ihre Beziehungen zum Wasser, Hamburg* 1894.
6) **Georg Gaffky**, *Die Cholera in Hamburg, Berlin* 1894.
7) **R. Koch** *und* **G. Gaffky**, *Bericht über die Thätigkeit der zur Erforschung der Cholera im Jahre* 1883 *nach Egypten und Indien entsandten Kommission, Berlin* 1887 182.
8) **Dunbar**, *Versuche zum Nachweis von Choleravibrionen im Flufswasser, Arbeiten a. d. Kais. Ges.-Amte* 9. *Bd.* (1894) 379.
9) **L. Heim**, *Zur Technik des Nachweises der Choleravibrionen, C. f. B.* (1892) 12. *Bd* 353.
10) **F. Loeffler**, *Zum Nachweis der Cholerabakterien im Wasser* (*Sitzung des Greifswalder med. Vereins vom* 3. *Dez.* 1892), *C. f. B.* (1893) 13. *Bd.* 380.
11) **van Ermengem**, *Semaine médicale* (1893) 272.
12) **Bujwid**, *Ueber zwei neue Arten von Spirillen im Wasser, C. f. B.* (1893) 13. *Bd.* 120.
13) **Arens**, *Ueber den Nachweis weniger Cholerakeime in gröfseren Mengen Trinkwassers, Münch. med. W.* (1893) *No.* 10, *ref. C. f. B.* 14. *Bd.* 256.
14) **R. Koch**, *Ueber den augenblicklichen Stand der bakteriologischen Choleradiagnose, Z. f. H.* (1893) 14. *Bd.* 319.
15) **Dieudonné**, *Zusammenfassende Uebersicht über die in den letzten zwei Jahren gefundenen choleraähnlichen Vibrionen, C. f. B.* (1894) 16. *Bd.* 363.
16) **R. Pfeiffer**, *Weitere Untersuchungen über das Wesen der Choleraimmunität und über spezifisch baktericide Prozesse, Z. f. H.* (1894) 18. *Bd.* 1.
17) **R. Pfeiffer**, *Die Differentialdiagnose der Vibrionen der Cholera asciatica mit Hilfe der Immunisierung, Z f. H.* (1895) 19. *Bd.* 75.
18) **Dunbar**, *Zum Stande der bakteriologischen Choleradiagnose unter besonderer Berücksichtigung der Pfeiffer'schen spezifischen Cholerareaktion, D. m. W.* (1895) *No.* 9.
19) **Stutzer** *und* **Burri**, *Ueber die Dauer der Lebensfähigkeit und die Methoden des Nachweises von Cholerabakterien im Kanal-, Flufs- und Trinkwasser, Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege* (1893), *Sonderdruck.*
20) **Elsner**, *Zur Plattendiagnose des Cholerabacillus, H. R.* (1894) 4. *Bd.* 296.
21) **G. Deycke**, *Die Benutzung von Alkalialbuminaten zur Herstellung von Nährböden, C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 241, *D. med. W.* (1893) *No.* 37 *und* (1894) *No.* 25.
22) **Freymuth** *und* **Lickfett**, *D. med. W.* (1893) *No.* 19.
23) **A. Maassen**, *Zur bakteriologischen Diagnose der asiatischen Cholera, ein neues Anreiche-*

*rungsverfahren für Spirillen und Vibrionen, Arbeiten a. d. Kais. Ges.-Amte* (1893) 9. *Bd.* 122.
24) **Max Bleisch,** *Ueber einige Fehlerquellen bei Anstellung der Cholerarotreaktion und ihre Vermeidung, Z. f. H.* (1893) 14. *Bd.* 103.

## Anhang.

### Die Lissaboner Gastroenteritis-Epidemie von 1894.

Im Anschluß an das Kapitel „Cholera und Trinkwasser" wollen wir noch einer Epidemie gedenken, welche in ihrem Verhalten eine unverkennbare Analogie mit den Choleraexplosionen infolge infizierten Trinkwassers darbietet.

Während der Monate April und Mai des Jahres 1894 herrschte in Lissabon eine Epidemie, welche im Großen und Ganzen unter dem Bilde einer einfachen Gastroenteritis verlief. Einzelne Fälle zeigten indessen ausgesprochen choleraartige Erscheinungen. Die Zahl der Erkrankten wird von Camara, Pestana und Bettencourt[1] auf 15000 beziffert; aber nur ein einziger Todesfall ist vorgekommen, welcher der betreffenden Krankheit zur Last gelegt werden konnte. Die Erkrankungen waren über die ganze Stadt verbreitet, kein Stadtviertel blieb verschont. Arme und Reiche wurden in gleicher Weise von der Krankheit heimgesucht. Die Epidemie erreichte im Monat April ihren Höhepunkt bei kaltem und regnerischem Wetter und nahm dann rapide ab.

In den Dejektionen der Erkrankten wurde nahezu konstant ein dem Cholerabacterium morphologisch sehr ähnlicher Kommabacillus gefunden, welcher sich aber sowohl durch sein Verhalten zu Nährsubstraten (nach Chantemesse's[2] Angabe erinnerte er in seinem Wachstum an den Prior Finkler'schen Vibrio),wie auch durch seine geringe Pathogenität für Meerschweinchen von dem Cholerabacterium deutlich unterschied. Meerschweinchen, welche gegen den Vibrio immunisiert waren, zeigten sich nicht geschützt gegen eine nachfolgende Cholerainfektion.

Der Kommabacillus wurde in den Dejektionen gesunder Individuen vermißt. Er fand sich aber in dem Lissaboner Leitungswasser, welches nach den Untersuchungen der genannten Autoren zeitweise „Infiltrationen von Fäkalstoffen" erlitten hatte.

Demnach war es in hohem Maße wahrscheinlich, daß die Epidemie einer Verbreitung des eigenartigen Kommabacillus durch das Leitungswasser ihre Entstehung verdankte.

„Der in der That wirksame Weg", schreiben Camara Pestana und Bettencourt, „der Verbreitung der Krankheit war, wie zahlreiche Beobachtungen beweisen, die Uebertragung durch das Trinkwasser. Sehr häufig blieben in demselben Hause diejenigen Personen, welche durch Kochen oder Filtration sterilisiertes Wasser tranken, verschont, während andere, welche diese Vorsicht außer acht ließen, von der Krankheit ergriffen wurden. Ebenso blieben viele Häuser, in denen nicht das Wasser der städtischen Leitung, sondern solches aus eigenen Quellen konsumiert wird, vollständig von der Seuche frei. Ein besonders prägnantes Beispiel dieser Art bietet die „Real Casa Pia" von Lissabon, in deren Bevölkerung von 500 Personen auch nicht ein einziger Fall von epidemischer Diarrhöe auftrat. Dieses Wohlthätigkeitsinstitut (Waisenhaus) wird mit eigenem Wasser

versorgt, welches mit der allgemeinen Leitung in keinerlei Zusammenhang steht."

Die Lissaboner Epidemie ist mithin ein treues Abbild einer durch infiziertes Leitungswasser erzeugten Choleraepidemie. Der Gedanke, daß der Erreger derselben etwa ein abgeschwächter Cholerakeim gewesen sei, ist Angesichts der minimalen Mortalität (1 : 15000) und der biologischen Verschiedenheit beider Erreger unbedingt von der Hand zu weisen.

Sind die Angaben von Camara Pestana und Bettencourt richtig — und wir haben keinen Grund an der Richtigkeit derselben zu zweifeln — so handelt es sich bei der Lissaboner Epidemie um eine neue, bisher noch nicht beobachtete Krankheit, deren Aufklärung der Choleraforschung zu danken ist. Wäre die Krankheit aufgetreten zu einer Zeit, als der Erreger der Cholera noch nicht entdeckt und die Methodik seines Nachweises noch nicht erarbeitet war, so würde man vermutlich irgend ein chemisches Agens im Wasser als ursächliches Moment angenommen haben.

Vielleicht sind manche der an vielen Orten beobachteten, vielfach auf den Genuß eines unreinen Wassers zurückgeführten, gutartig verlaufenen Massenerkrankungen an Gastrointestinalkatarrhen durch das gleiche ätiologische Moment bedingt wie die Lissaboner Epidemie.

1) **Camara Pestana** *und* **A. Bettencourt**, *Bakteriologische Untersuchungen über die Lissaboner Epidemie von* 1894, *C. f. B.* (1894) 16. *Bd* 401.
2) **Chantemesse**, *L'épidémie de Lisbonne, La Semaine médicale* (1894) *No.* 34, 271.

## D. Typhus.

Zu derselben Zeit als Snow in England die Uebertragbarkeit der Cholera durch das Medium des Wassers proklamiert hatte, trat sein Landsmann Budd[1], einer der Vorkämpfer für die parasitäre Natur der Infektionskrankheiten, mit der Anschauung hervor, daß das spezifische, den Typhus erzeugende Agens mit den Dejektionen der Typhuskranken nach außen auf die Oberfläche des Bodens gelange und von dort seinen Weg finden könne auch in das zum Trinken dienende Wasser. Ebenso erkannte Murchison[2] dem Wasser eine Rolle zu bei der Entstehung des Typhus, wenngleich er als krankmachendes Agens im Gegensatze zu Budd nicht spezifische, nur von Typhuskranken erzeugte Keime, sondern giftige, in Zersetzung begriffene exkrementitielle Stoffe ansah. Zahlreiche Forscher aus allen Kulturländern haben seitdem Beobachtungen mitgeteilt, welche die Bedeutung des Wassers für die Entstehung des Typhus, sei es im Sinne Budd's, sei es im Sinne Murchison's, darthaten. Bei unparteiischer Prüfung der umfangreichen epidemiologischen Litteratur kam Hirsch[3] im Jahre 1881 zu folgendem Ergebnis: „Ich halte", sagt er, „wenige Punkte in der Typhoïdätiologie für so sicher bewiesen, wie die Uebertragung des Krankheits- (i. e. des Typhus-)Giftes durch Trinkwasser bezw. mit infiziertem Trinkwasser verunreinigte Nahrungsmittel. Wenn auch nicht allen in der Litteratur mitgeteilten Beobachtungen eine gleiche Beweiskraft innewohnt, so tritt in vielen derselben der kausale Zusammenhang zwischen der Einwirkung jener Schädlichkeit und der Krankheitsentwickelung doch so prägnant hervor, daß ein begründeter Zweifel über denselben nicht erhoben werden kann, daß, wenn solche

Thatsachen nicht zu Schlüssen in der Krankheitsätiologie berechtigen, in derselben überhaupt fast jede Beweisführung aufhört. — Wenn in einer Ortschaft plötzlich massenhafte Erkrankungen erfolgen, welche sich, und namentlich im Anfange der Epidemie, ausschließlich auf einen Teil der Bevölkerung und zwar auf denjenigen beschränken, welcher seinen Wasserbedarf einer Quelle, einer Wasserleitung, einem Pumpbrunnen u. s. w. entnimmt, wenn ferner nachgewiesen wird, daß diese Wasserbezugsquelle durch Hineingelangen von Kloakenjauche bezw. dem in dieser Jauche enthaltenen Typhoïdgifte verunreinigt ist, wenn ferner konstatiert wird, daß der von der Krankheit ergriffene Teil der Bevölkerung mit dem von derselben verschont gebliebenen alle übrigen Witterungs-, Wohnungs- und Bodenverhältnisse u. s. w. gemein hat, sich in seinen Lebensbedingungen von demselben aber nur durch den Gebrauch des verunreinigten Trinkwassers unterscheidet, wenn endlich, wie in zahlreichen Fällen beobachtet, mit der Schließung jener Vergiftungsquelle die Epidemie erlischt — dann ist, meiner Ansicht nach, in Bezug auf die Krankheitsentstehung der Schluß „post hoc, ergo propter hoc“ so gerechtfertigt, daß selbst die rigoroseste Skepsis sich demselben wird fügen müssen.“

Eine reiche Fülle von Beobachtungen hat seit dem Erscheinen des Hirsch'schen Werkes im Jahre 1881 die Lehre von der Bedeutung des Trinkwassers für die Verbreitung des Typhus immer fester begründet. Ganz besonders in Frankreich hat dieselbe, Dank dem eingehenden Studium zahlreicher Typhusepidemien durch Arnould, Brouardel, Chantemesse, Thoinot, Vallin u. A., sich allgemeine Anerkennung errungen, während in Deutschland der heftige Widerspruch Max von Pettenkofer's ihren Siegeszug, wenn auch nicht aufzuhalten, so doch zu hemmen vermocht hat. Die geistreiche Pettenkofer'sche „Grundwassertheorie“, welche anfangs die Lösung aller Probleme der Typhusentstehung und Verbreitung zu bringen schien, mußte, mit dem biologischen Verhalten des Typhusbacillus nicht vereinbar, schließlich auch bei uns der alten Budd'schen Lehre das Feld räumen.

Nachdem wir bei der Cholera eine Anzahl von epidemiologischen Beobachtungen, welche die hohe Bedeutung des Wassers für die epidemische Ausbreitung dieser Krankheit erleutern, angeführt haben, können wir füglich davon Abstand nehmen, gleichsinnige Beispiele auch für den Typhus zu wiederholen. Zumal wir bereits oben (S. 602 und 617) einige diesbezügliche Fakten mitgeteilt haben.

Für ein eingehendes Studium dieser Frage findet sich ein überreiches Material bei

**Roth** *und* **Lex**, *Handbuch der Militärgesundheitspflege, Berlin* 1872, 1. *Bd.* 27 *ff.*; **Zuckschwerdt**, *Die Typhusepidemie im Waisenhause zu Halle a. S. im Jahre* 1871 *und dessen Immunität gegen Cholera, No.* 4 *der Publikation des Vereins für öffentliche Gesundheitspflege in Halle. Halle, Pfeffer*; **August Hirsch**, *Handbuch der historisch-geographischen Pathologie, Stuttgart* 1891, 1. *Abt.* 475 *ff.*, *in den Referaten von* **Hirsch** *über Typhus in den Jahresberichten der Medizin von Virchow-Hirsch*; **Gueneau de Mussy**, *De la part des eaux potables dans l'étiologie de la fièvre typhoide, Revue d'hygiène* 1883; **Brouardel** *et* **Thoinot**, *La fièvre typhoide, Paris* 1895, 12 *ff.*

Bei der Cholera konnte die Kette des epidemiologischen Beweises für die krankheitsverbreitende Bedeutung des Wassers geschlossen werden durch den Nachweis des Krankheitserregers in den verdächtigen Wässern. Ist das gleiche auch beim Typhus gelungen?

Zahlreiche Forscher haben sich seit der biologischen Charakterisierung des Typhuserregers durch Gaffky bemüht, in bestimmten, mit bestimmten Wasserbezugsquellen verknüpften Epidemien die Typhusbacillen nachzuweisen. Indessen diese Bemühungen waren lange Zeit vergebens. Auch bei dem Nachweise der Typhusbacillen spielte, wie bei dem der Cholerabakterien die Unzulänglichkeit der Methode jedenfalls eine Hauptrolle. In verunreinigten Wässern, um solche handelt es sich bei derartigen Fällen wohl stets, war die Zahl der schnell wachsenden, die Gelatine verflüssigenden Bakterien stets eine große. Die Typhusbacillen aber wachsen langsam, vor dem 3. Tage sind bei sog. Zimmertemperatur, d. h. bei etwa 18—20° C., die charakteristischen Oberflächenkolonien kaum genügend entwickelt. Bis zu diesem Tage haben die schnell verflüssigenden Bakterien die Gelatineplatte meist schon zerstört. Schon aus diesem Grunde ist es notwendig, die Wassermenge, welche in eine Gelatineplatte hineingebracht wird, möglichst klein zu bemessen, auf einen Bruchteil eines Tropfens zu beschränken. Die Wahrscheinlichkeit, vereinzelte in der verdächtigen Wasserprobe enthaltene Typhuskeime mit dem Plattenverfahren aufzufinden, wird dadurch eine sehr geringe. Dazu kommt nun noch ein drittes Moment, welches die Auffindung ganz besonders erschwert. Es giebt eine große Zahl von Bakterienarten, deren Kolonien den Kolonien der Typhusbacillen außerordentlich ähnlich sehen, sich von ihnen nur durch geringfügige Merkmale unterscheiden (s. d. Litteratur bei Loesener[4], S. 208, Anmerkung). Ueber 20 Arten solcher den Typhusbacillen in der Form der Kolonien wie auch in der Form der Einzelindividuen ähnlicher Bacillen sind bereits aufgefunden worden. Die große Gruppe der unter dem Sammelnamen „Bacterium coli“ begriffenen Bacillenarten gehört hierher. In allen mit Fäkalstoffen verunreinigten Wässern finden sie sich in reichlicher Menge. Namentlich die jungen, wenige Tage alten Kolonien sehen echten Typhuskolonien täuschend ähnlich. Es bedarf daher jede typhusverdächtige Kolonie einer weiteren eingehenden Prüfung, ehe man über die Natur derselben ein Urteil abgeben kann. Es giebt typhusähnliche Bakterien, welche den Typhusbacillen gegenüber sich morphologisch und biologisch ebenso ähnlich verhalten, wie z. B. die Elbevibrionen gegenüber den echten Cholerabakterien. Es erhellt daraus, wie überaus schwierig der Nachweis der Typhusbacillen im Wasser ist, und mit welcher Reserve man jeden Fund von Typhusbacillen in verdächtigen Wässern aufnehmen muß.

Es kann daher auch nicht überraschen, daß es in einer ganzen Reihe von Typhusepidemien Forschern, welche mit den Typhusbacillen wohl vertraut waren, trotz der eingehendsten Untersuchungen nicht gelungen ist, in den mit großer Wahrscheinlichkeit als Ursache der Epidemien anzusehenden, verdächtigen Wässern die Typhusbacillen aufzufinden. So konnte Gaffky bei einer Epidemie in Wittenberg im Jahre 1882 im Infanterieregiment No. 20, Cramer bei der Epidemie in Zürich 1884, Hauser bei einer Epidemie in Freiberg im Jahre 1884 und 1885, Hueppe bei der Epidemie in Wiesbaden und Vilbel bei Frankfurt, Löffler bei der oben erwähnten, auf eine Kaserne des Königsregiments beschränkten Epidemie in Stettin im Jahre 1888, Brouardel und Chantemesse bei der Epidemie in Lorient, Pouchet in Joigny u. s. f. trotz aller Bemühungen den

Nachweis der Typhusbacillen in den hochverdächtigen Wässern nicht erbringen.

Andererseits aber liegen gleichwohl zahlreiche Mitteilungen in der Litteratur vor, in welchen über positive Befunde von Typhusbacillen im Wasser berichtet wird. In Deutschland glauben Moers, Michael, Beumer, Marpmann, Finkelnburg, Uffelmann, Jaeger, in Oesterreich-Ungarn Kowalski, Velich, Kamen, v. Fodor, in Belgien Henrijean, in Frankreich Dreyfuß-Brissac und Widal, Loir, Brouardel und Chantemesse, Vaillard, Roux, Chantemesse und Widal, Bondet, Rollet, Thoinot, Charrin, Vincent, Péré, in Italien de Blasi, Galbucci, Maggi, Martinotti, Barbacci, Monti, in der Schweiz O. Wyß, in Portugal da Camara Mello Carbal und da Rocha, in Rußland Bartoschewitsch, Bardach und Rawitsch-Stscherba, in Amerika Vaughan und Novy in Michigan und Foote in New York Typhusbacillen in solchen Wässern nachgewiesen zu haben, nach deren Genuß Typhus aufgetreten sein soll.

Alle diese Angaben sind, wie wir sehen werden, mit großer Reserve aufzunehmen, weil die Mehrzahl der gefundenen Bacillen durch die mit denselben angestellten weiteren Untersuchungen nicht mit genügender Sicherheit als echte Typhusbacillen charakterisiert worden sind. Die durch die ersten grundlegenden Untersuchungen von Gaffky festgestellten morphologischen und kulturellen Merkmale sind bei der fortschreitenden Erkenntnis der Typhusbacillen und der ihnen ähnlichen Bakterien als nicht ausreichend für die Differential-Diagnose erkannt worden. Neue Unterscheidungsmerkmale, welche eine größere Sicherheit gewähren, sind hinzugekommen. Seit deren Auffindung sind aber Berichte über Typhusbacillenfunde in verdächtigen Wässern nicht mehr veröffentlicht bis auf eine einzige Mitteilung von Schild[5]. Schild fand in dem ihm am 10. Oktober zugesandten Wasser zweier Brunnen der Stadt Seehausen, in welcher im September 1893 eine 33 Erkrankungen umfassende Typhusepidemie ausgebrochen war, mit Hilfe des Plattenverfahrens und zwar in den Platten, welche mit 0,02 ccm Wasser beschickt waren, eine Anzahl von Kolonien von typhusbacillenartigem Aussehen, welche bei näherer Prüfung, in den wesentlichsten, für Typhusbacillen gegenwärtig als charakteristisch angesehenen biologischen Eigentümlichkeiten mit diesen übereinstimmten.

Die Merkmale, durch welche sich die echten Typhusbacillen als solche charakterisieren, sind nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse folgende:

Hält man die gebräuchliche, für empfindliches blaues Lackmuspapier neutralisierte Fleischwasserpeptongelatine, in welche man Typhusbacillen ausgesät hat, bei 20—22° C., so sieht man am 2. bis 3. Tage nach der Aussaat die in der Gelatine liegenden Kolonien makroskopisch als feinste weiße Pünktchen, die oberflächlichen als zarte, grauweißliche, häufig blaßbläuliche oder perlmutterfarbige, irisierende Ausbreitungen in die Erscheinung treten. In einer Platte von 60—70 qcm Fläche, in welcher 200—300 Kolonien enthalten sind, haben die oberflächlich liegenden Kolonien, welche besonders charakteristisch sind, einen Durchmesser von 1—2 mm bei 80-facher Vergrößerung. Sie stellen sich dar als anisodiametrische, nahezu farblose Ausbreitungen mit kleinen Ausbuchtungen, aber mit

glatten, leicht welligen Konturen, welche von zarten Furchen durchzogen sind. Die zarten Furchen machen einen ähnlichen Eindruck wie die Thäler in einer orographischen Karte oder wie die Adern eines Weinblattes. Die Masse der Kolonie, den Bergzügen entsprechend, bietet eine feine Strichelung dar, welche bald in einem Winkel zu den Furchen, bald parallel mit diesen verläuft. Die ganze Kolonie macht dabei einen homogenen Eindruck, zeigt nirgends, namentlich auch am Rande nicht, Lücken.

Die in der Tiefe der Gelatine liegenden Kolonien sind meist rund, bisweilen aber auch wetzsteinförmig, mit scharfem Rande. Sie zeigen eine verwaschene, von einer centralen, aber nicht immer genau den Mittelpunkt der Kolonie bildenden Stelle nach der Peripherie hin ausstrahlende Streifung, welche bei den typhusähnlichen Kolonien fast niemals beobachtet wird. Die Farbe dieser Kolonien ist hellgrau. Am 4. Tage zeigen sie häufig eine Beimischung von schmutzigem Gelb oder Braun. Die Gelatine wird nicht verflüssigt.

Die Bacillen selbst stellen sich dar als schlanke, 0,4—0,5 $\mu$ breite Stäbchen von wechselnder Länge. Stäbchen von 1—3 $\mu$ Länge sind meist in überwiegender Menge vorhanden, daneben aber auch solche von 5, 10, ja 20 $\mu$ Länge. Je nach dem Kultursubstrat ist die Zahl der längeren Stäbchen verschieden. Auf Blutserum bilden sie vorwiegend kurze, auf Gelatine längere Formen.

Im hängenden Bouillontropfen, bei Zimmertemperatur untersucht, zeigen die Bacillen frischer, wenige Tage alter Kulturen eine lebhafte Beweglichkeit, deren Art und Weise besonders an längeren Stäbchen charakteristisch hervortritt. Das vorangehende Körperende abwechselnd nach rechts und nach links biegend, machen sie den Eindruck, als ob sie sich wellig vorwärts bewegten. Bei den kürzeren Individuen ist die Bewegung vielfach eine um die Längsachse rotirende, seltener eine pendelnde. Nach den Untersuchungen von Camillo Terni[6] erhält man das Optimum der Beweglichkeit und Entwickelung der Typhusbacillen in einer nicht zu stark gekochten Bouillon ohne Peptonzusatz, aber mit einem Zusatze von 3 Proz. Glycerin und mit einem natürlichen Säuregehalt entsprechend 0,01 Proz. HCl. In 24 Stunden alten Kulturen sieht man dann die Bacillen im hängenden Tropfen in Zügen parallel dem Tropfenrand sich bewegen. Man wird dadurch an die Züge der Ameisen erinnert. Die Bewegungen werden ausgeführt mit Hilfe einer größeren Zahl 10—20, gleichmäßig von den Seiten und den Enden abgehender Geißeln, welche sich nach der Geißelfärbungsmethode des Verfassers leicht darstellen lassen. Die wässerig-alkoholischen Lösungen der Anilinfarbstoffe, des Methylenblaus und Gentianavioletts, färben die Bacillen nur schlecht. Häufig sieht man Bacillen in einem derartig gefärbten Präparate von dem Deckglase sich loslösen.

Gut gefärbt werden sie durch die alkalische Methylenblau-, die Anilinwasser- und Karbol-Farblösungen. Die Gram'sche Färbung nehmen die Bacillen nicht an.

Von biologischen Merkmalen, mit Hilfe welcher eine Unterscheidung der Typhusbacillen von dem Bacterium coli und zahlreichen typhusähnlichen Bacillen möglich ist, sind hervorzuheben:

1) Das Wachstum auf der gekochten Kartoffel.

Die besäten und mit Typhusbacillen bewachsenen Flächen sind scheinbar unverändert, nur etwas feuchter glänzend als unbesäte;

gleichwohl ist ein Ueberzug vorhanden, nur ist derselbe derartig transparent, daß die Eigenfarbe der Kartoffelfläche kaum verändert erscheint. Durch Uebergießen mit einer Sublimatlösung 1 $^0/_{00}$ wird die Kultur als weiße Ausbreitung sichtbar gemacht.

Da auf manchen Kartoffelarten das beschriebene typische Wachstum nicht eintritt, vielmehr statt des unsichtbaren Rasens gelbliche, ziemlich dicke Belege sich zeigen können, so ist dies Merkmal nur dann zur Differentialdiagnose verwendbar, wenn eine zuverlässige Typhusbacillenreinkultur auf einer Scheibe derselben Kartoffel, welche als Substrat für die Kultur des zu prüfenden Bacillus dient, das typische Wachstum darbietet.

2) Das Verhalten in sterilisierter Milch.

Der Typhusbacillus bringt die Milch nicht zum Gerinnen, wiewohl er üppig darin gedeiht, während dies die meisten, aber nicht alle typhusähnlichen Bakterien thun.

3) Das Indolbildungsvermögen in Peptonbouillon.

Der Typhusbacillus bildet kein Indol (Kitasato). Setzt man zu einer 24-stündigen, bei Brüttemperatur gehaltenen Peptonbouillonkultur 1 ccm einer 0,02-proz. Nitritlösung und darauf einige Tropfen Salzsäure oder Schwefelsäure, so erscheint nicht die rote Farbe des Nitrosoindols (negative Indolreaktion). Bacterium coli bildet stets Indol ebenso wie die Mehrzahl der typhusähnlichen Bacillen.

4) Verhalten in Fleischwasser mit Zuckerzusatz im Gärungsrohr (V-förmiges, an einer Seite zugeschmolzenes Glasrohr von 6—8 mm Weite), sowie in Nähragar, welches mit 2 Proz. Traubenzucker versetzt ist.

Der Typhusbacillus bildet kein Gas, das Bacterium coli sowie die meisten typhusähnlichen dagegen innerhalb 3—12 Stunden reichlich.

5) Säurebildungsvermögen in Lackmusmolke nach Petruschky[7].

Der Typhusbacillus bildet in dieser Molke nur 2—3 Proz. $^1/_{10}$ Normalnatronlauge entsprechend Säure, die coli-Arten und die meisten typhusähnlichen erheblich mehr (7—8 Proz.).

6) Verhalten zu der von Maaßen[8] angegebenen Normal-Nährsalzlösung mit 1—4 Proz. Glycerinzusatz. Die Lösung wird folgendermaßen hergestellt: 7 g Apfelsäure werden in ungefähr 100 ccm Wasser aufgelöst und mit einer Lösung von 7 g Kali hydricum purissimum versetzt, bis sich auf empfindlichem blauen Lackmuspapier Neutralreaktion zeigt. Darauf wird das Ganze mit destilliertem Wasser auf 1 l gebracht und fein gepulvertes Asparagin 10,0 g, Magnesiumsulfat 0,4 g, sekundäres Natriumphosphat ($Na_2HPO_4 + 12 H_2O$) 2,0 g, krystallisierte reine Soda 2,5 g und, nachdem alles in Lösung, trockenes Calciumchlorid 0,01 g zugefügt.

In dieser Lösung wächst nach einer durch Loesener und auch durch Versuche im Greifswalder hygienischen Institut bestätigten Angabe von Maaßen der Typhusbacillus niemals, wohl aber gedeihen das Bacterium coli und die typhusähnlichen Bakterien mehr oder weniger üppig darin.

Außer den genannten Kriterien sind noch eine große Zahl von Differenzierungsmerkmalen angegehen worden, um Typhusbacillen sicher von ähnlichen Arten zu unterscheiden. Alle sind weniger charakteristisch und zum Teil auch viel komplizierter als die mitgeteilten (s. die eingehende Kritik in Loesener's Arbeit, Arb. a. d.

Kais. Ges.-Amte 11. Bd., 1895, S. 207; ebendort das vollständige, 689 Nummern umfassende Litteraturverzeichnis über Arbeiten den Typhusbacillus betreffend). Sie gestatten wohl meist, das aus Fäkalien gewonnene Bacterium coli von Typhusbacillen zu unterscheiden, nicht aber die typhusähnlichen in Wässern vorkommenden Organismen.

Bei Berücksichtigung sämtlicher angegebener morphologischer, tinktorieller und biologischer Merkmale und bei stets gleichzeitiger kontrollierender Prüfung derselben an einer zuverlässigen typischen Typhusbacillenreinkultur wird es meist gelingen, zu entscheiden, ob ein verdächtiger, aus einem verunreinigten Wasser z. B. isolierter Bacillus ein echter Typhusbacillus ist oder nicht.

Schließlich aber bleibt uns noch ein Mittel, um auch die letzten Zweifel zu beseitigen. Nach einer kurzen vorläufigen Mitteilung R. Pfeiffer's[9] gelingt es, die echten Typhusbacillen in analoger Weise von den ihnen ähnlichen Organismen zu unterscheiden wie die Cholerabakterien von ihren Verwandten, d. h. mittels des Blutserums von Tieren, welche gegen Typhusbacillen hoch immunisiert sind. Die Typhusbacillen werden durch das Typhusserum in ähnlicher Weise aufgelöst wie die Cholerabakterien durch das Choleraserum, die typhusähnlichen aber nicht. Quantitative Angaben fehlen bisher noch.

Bei dem Nachweise der Typhusbacillen im Wasser kommt es nach dem eben dargelegten darauf an, auf irgend eine Weise isolierte Kolonien zu erhalten, welche dann weiterhin biologisch zu prüfen sind. Um die stets in der Ueberzahl vorhandenen, die Nährgelatine verflüssigenden Kolonien, welche ein Beobachten der Gelatineplatten über den zur Entwickelung der Typhusbacillen notwendigen Zeitraum von 3—4 Tagen unmöglich machen, zu beseitigen, hat man nun die allerverschiedenartigsten Methoden ersonnen und auch praktisch versucht. Der leitende Gedanke bei dem Aufsuchen dieser Methoden war der, durch geeignete physikalische oder chemische Agentien die Entwickelung der störenden saprophytischen Organismen hintanzuhalten, ohne aber zugleich die Typhusbacillen selbst zu schädigen.

Es giebt nun in der That eine ganze Anzahl derartiger Agentien, mit Hilfe welcher die Mehrzahl der konkurrierenden Bakterienarten bei der Untersuchung von Wasserproben ausgeschlossen werden kann, eine Gruppe aber, und zwar gerade diejenige, welche dem Typhusbacillus am nächsten steht, die Gruppe des Bacterium coli, wird durch alle diese Verfahren nicht beseitigt. Nach allen Richtungen hin hat sich bisher das Bacterium coli widerstandsfähiger gezeigt als der Typhusbacillus. In letzter Instanz, wenn alle oder doch fast alle Bakterienarten ausgeschlossen sind, wird es immer noch darauf ankommen, die Differentialdiagnose mit Hilfe der geschilderten Verfahren zwischen Typhus- und typhusähnlichen Organismen zu stellen.

### Verfahren zur Gewinnung von Typhusbacillen-Kolonien aus verdächtigen Wässern.

Chantemesse und Widal[10] schlugen vor, eine Nährgelatine, welcher 0,25 Proz. Karbolsäure zugesetzt worden ist, mit Proben des Wassers zu besäen. Durch diesen Zusatz werden zahlreiche Organismen in ihrer Entwickelung gehemmt — aber auch, wie Holz nachgewiesen hat, die Typhusbacillen, welche nur in einer Nährgelatine mit 0,083 Proz. Karbol-

säure noch ungehindert sich entwickeln. Die mit dieser Methode gewonnenen Bakterien gehören stets zur Gruppe des Bacterium coli, welches einen höheren Karbolzusatz verträgt als die Typhusbacillen.

Thoinot[11] setzte zu 500 ccm des zu untersuchenden Wassers 20 Tropfen reiner Karbolsäure. Setzt man 20 Tropfen gleich 1 ccm, so betrug der Karbolzusatz 1 : 500, d. h. 0,2 Proz. Von diesem Wasser brachte er dann Proben in Nährgelatine zur Aussaat und fand, daß die Entwickelunng einer großen Zahl von anderen Keimen dadurch verhindert wurde.

Seine Angaben wurden von Holz[12] nachgeprüft und genauer präcisiert. Holz erhielt gute Resultate, wenn er 100 ccm des zu untersuchenden Wassers 0,25 Proz. Karbolsäure zusetzte und nach 3-stündigem Stehen des Gemisches bei Zimmertemperatur im Dunkeln 0,5—1 ccm davon in Nährgelatine aussäte. Noch bessere Erfolge hatte er, wenn er als Nährgelatine eine nicht neutralisierte, aus dem frisch ausgepreßten Safte roher Kartoffeln hergestellte saure Gelatine, von welcher 10 g 2,4—3,2 ccm $^1/_{10}$-Normalalkali zur Sättigung gebrauchten, als Kultursubstrat für das während 3 Stunden mit dem 0,25-proz. Karbolzusatz bei Zimmertemperatur gestandene Wasser verwandte. Die Kartoffelgelatine verlängert die Beobachtungszeit der Platten um 3—5 Tage. Die Typhuskolonien entwickeln sich langsamer als die Bacterium coli-Kolonien und zeichnen sich durch starkes Lichtbrechungsvermögen aus. 3 Tage bei Zimmertemperatur gewachsen erscheinen die Oberflächenansiedelungen, mit unbewaffnetem Auge betrachtet, ganz klar und durchsichtig, unter dem Mikroskop farblos, niemals in der Mitte gelb gefärbt, mit deutlich ausgesprochener Fältelung. Die tiefer liegenden Kolonien sind rundlich, deutlich chagriniert, nie gelb gefärbt. Erst am 4. Tage wird ihre Farbe etwas mehr gelblichbraun, gleich der Farbe der Kartoffelgelatine in dünnen Schichten. Am 3. bis 4. Tage sind die Kolonien am charakteristischsten, von den erheblich größeren, braun gefärbten Kolonien der coli-Arten leicht zu unterscheiden. Das Holz'sche Verfahren ermöglicht daher die Auffindung von Typhuskeimen in Wässern. Die einzige Unzuträglichkeit, welche sich bei der Anwendung desselben ergiebt, ist die, daß Kolonien von Bacterium coli, deren Entwickelung sich etwas verzögert hat, am 3. bis 4. Tage Typhuskolonien von normaler Entwickelung außerordentlich ähnlich sehen können, besonders wenn sie in der Tiefe der Gelatine liegen. Es ist daher in jedem Falle der Identitätsnachweis zu führen durch weitere Untersuchung. Zu verkennen ist auch nicht, daß das ganze Verfahren die Typhuskeime etwas angreift, sodaß nur die lebenskräftigsten, nicht aber alle im Wasser vorhanden gewesenen Typhusbacillen sich zu Kolonien entwickeln werden. Die Möglichkeit, daß bei Wässern mit vereinzelten Typhuskeimen die Methode versagt, ist daher nicht von der Hand zu weisen, zumal wenn man nur einige wenige Platten mit je 0,5 oder 1 ccm Wasser anfertigt. Durch Herstellung einer größeren Zahl von Platten, 10—20, mit je 1 ccm Wasser würde man allerdings diesem Uebelstande einigermaßen abhelfen können.

Von der Thatsache ausgehend, daß wenige Bakterien auf so sauren Nährböden gedeihen wie die Typhusbacillen, versetzte Uffelmann[13] eine gewöhnliche, schwach alkalische Fleischwasserpeptongelatine mit so viel Citronensäure, daß 10 ccm der Gelatine durch 14 ccm einer Lösung von 5,3 Natrium carbonicum in 1000 Wasser ($^1/_{10}$ Normal) genau neutralisiert wurden. Darauf filtrierte er und setzte zu 100 ccm des nicht ganz

klaren Filtrates 2,5 mg Methylviolett, das mit 1 Tropfen Alcohol absolutus und 1 ccm Aqua destillata verrieben war. Diese Mischung füllte er in sterile Gläser und erhitzte in strömendem Dampfe einmal 15 Minuten. Vor jeder Verwendung hat man zu prüfen, ob echte Typhusbacillen in der Mischung wachsen, da infolge kleiner Fehler bei der Herstellung, vor allem durch ein geringes Plus an Säure und Methylviolett, das Wachstum dieser Bacillen energisch gestört bez. ganz aufgehoben werden kann. In der That werden durch diese Gelatine viele Keime in der Entwickelung verhindert. Aus je einem Tropfen Wasser wuchsen z. B. in gewöhnlicher Gelatine 12 500, in der sauren aber nur 19 Kolonien. Die Typhuskolonien sollten sich vor allen anderen nun noch dadurch auszeichnen, daß sie im Verlauf von etwa 3 Tagen eine intensiv blaue Farbe annähmen und granuliert erschienen. Mit Hilfe seiner sauren Methylviolettgelatine hat Uffelmann, bei Aussaat von je einem Tropfen Wasser, in 5 Pumpen des Ortes Schwaan bei Rostock und in 2 Pumpen der Ortschaft Retschow, wo der Typhus ausgebrochen war, nach seiner Ansicht echte Typhusbacillen nachgewiesen. Leider hat er die gezüchteten Bacillen der Gärungs-, Milch- und Indolprobe, welche in jener Zeit noch nicht bekannt waren, nicht unterwerfen können.

Bei der Untersuchung von Wasserproben ist Uffelmann eine Art von Kolonien vorgekommen, welche auf den ersten Blick Aehnlichkeit mit denen des echten Typhusbacillus hat. Sie werden blau und granuliert, wachsen aber schneller und sind dicker granuliert, die Stäbchen sind auch beweglich, aber sehr klein und bilden auf Kartoffeln einen dicken, graugelblichen Rasen. In mit Typhusbacillen versetztem Wasser wucherten sie stark nach einigen Tagen und von dieser Zeit an nahmen die Typhusbacillen dann in rapidem Maße ab.

Bei Nachprüfung dieser Methode fand Dunbar[14] indessen, daß Typhusbacillen in einer nach Uffelmann's Vorschrift bereiteten Gelatine überhaupt nicht mehr wuchsen, eine Beobachtung, welche auch von Schottmüller im hygienischen Institut zu Greifswald bestätigt werden konnte, wohl aber das Bacterium coli, und daß dieses genau das von Uffelmann als für Typhusbacillen charakteristisch beschriebene Verhalten darbot. Die Uffelmann'sche Gelatine scheint daher nur geeignet, das Bacterium coli in Wässern nachzuweisen, nicht aber die Typhusbacillen.

Wesentlich verschieden von den bisher besprochenen sind nun eine Reihe von Verfahren, welche dahin zielen, nicht sowohl die wenigen in verunreinigten Wässern vorhandenen Typhusbacillen direkt durch die Plattenkultur zur Anschauung zu bringen, als vielmehr die in der Minderzahl vorhandenen Typhusbacillen zunächst durch gewisse, die anderen Bakterien in ihrer Entwickelung behindernde, die Typhusbacillen aber nicht schädigende oder sogar begünstigende Maßnahmen zu starker Vermehrung zu bringen, um sie dann mit Hilfe des Plattenverfahrens mit Leichtigkeit nachzuweisen. Bei diesen „Anreicherungsverfahren" wird demnach auf den quantitativen Nachweis, welcher in der That ja auch nur einen geringen Wert hat, Verzicht geleistet.

Rodet[15] versetzte Bouillon mit Proben des verdächtigen Wassers und hielt dieselben dann bei einer Temperatur von 45—45,5°. Bei dieser Temperatur vermögen die Typhusbacillen noch zu wachsen, viele

andere, namentlich viele die Gelatine verflüssigende Bakterien gehen aber bei derselben zu Grunde. Das zur Entwickelung gelangte Bakteriengemisch suchte er dann mittels des Plattenverfahrens zu trennen. Es gelang ihm in der That auf diese Weise, aus künstlich mit Typhusbacillen infizierten Wässern Reinkulturen von Typhusbacillen zu gewinnen.

Vincent[16] stellte sich eine Peptonbouillon her von 0,7 ‰ Karbolsäuregehalt. Zu 6 Röhrchen mit je 10 ccm davon setzte er 5 bis 15 Tropfen des zu untersuchenden Wassers und hielt dieselben dann, mit Kautschukkappen verschlossen, bei genau 42° C. Sobald diese Röhrchen sich zu trüben begannen, machte er von ihnen eine Uebertragung in neue Röhrchen und von diesen ev. noch eine weitere Uebertragung in Karbolpeptonbouillon. Gewöhnlich genügten 2 Uebertragungen. Alle die Röhrchen, welche bei der zweiten Passage flockige Massen oder Häutchen enthielten, schloß er von den weiteren Uebertragungen aus. Nur wenige Mikroorganismen wuchsen bei diesem Verfahren: der Typhusbacillus und das Bacterium coli einerseits, andererseits der weiße Kartoffelbacillus, ein Streptococcus und mehrere seltene Bacillenarten, welche leicht durch die Kultur oder durch ihre Färbbarkeit nach der Gramschen Methode differenziert werden konnten. Die nach mehreren Passagen meist allein noch vorhandenen Bacillus typhi und coli konnte er leicht mit Hilfe des Plattenverfahrens trennen. Zweimal vermochte er aus Seinewasser am 13. und 16. Juli 1890 echte Typhusbacillen mit diesem Verfahren zu isolieren.

Eine im Prinzip ähnliche Methode wurde in derselben Zeit von Parietti[17] veröffentlicht. Zu mehreren Reagenzgläschen mit je 10 ccm neutraler Bouillon werden 3 bis 9 Tropfen einer Lösung von 5 g Karbolsäure und 4 g reiner Salzsäure in 100 g Wasser gegeben. Da 30 Tropfen = 1 ccm waren, so enthielten die Bouillonröhrchen 0,46 bis 1,38 ‰ Karbolsäure und 0,37 bis 1,12 ‰ Salzsäure. Waren die mit diesen Zusätzen versehenen Bouillonröhrchen nach 24-stündigem Aufenthalt im Brütapparat bei 37° klar geblieben, so erhielten sie einen Zusatz von 1—10 Tropfen des zu untersuchenden Wassers und wurden, nachdem sie gut umgeschüttelt waren, wiederum 24 Stunden in den Brütapparat gebracht. War nach dieser Zeit eine Trübung eingetreten, so sollte man aus dieser nach Parietti einen sicheren Schluß auf die Anwesenheit von Typhusbacillen machen und diese nun leicht mittels des Plattenverfahrens isolieren können. Parietti, Kamen[18] und A. V. Velich[19] wollen mit Hilfe dieser Methode echte Typhusbacillen aus verdächtigen Wässern isoliert haben. Da das Bacterium coli die höchsten Karbol- und Salzsäurezusätze noch verträgt, der Typhusbacillus aber nicht, so wird man viel eher das Bacterium coli als den Typhusbacillus nach der Pariettischen Methode gewinnen.

Péré[20] hielt es bei seinen Untersuchungen der Wasserleitungen von Algier für nicht angängig, aus dem Studium einiger weniger Kubikcentimeter eines Wassers, wie solche bei dem Verfahren von Vincent zur Verwendung gelangen, Schlüsse auf die Beschaffenheit einer ganzen Wasserleitung zu machen. Er hielt es deshalb für notwendig, eine erheblich größere Menge des zu untersuchenden Wassers für die Prüfung auf Typhus- und Colibakterien in Arbeit zu nehmen. Sein Verfahren gestaltete sich demnach folgendermaßen:

In einen sterilisierten, mit Marke versehenen Literkolben bringt man 100 ccm einer aus gleichen Teilen Fleisch und Wasser hergestellten neutralen Bouillon, fügt 50 ccm einer neutralen sterilen 10-proz. Pepton-

lösung hinzu und weiterhin 600—700 ccm des zu untersuchenden Wassers. Zu dieser Flüssigkeitsmasse werden jetzt noch 20 ccm einer 5-proz. Karbollösung zugesetzt, und schließlich wird mit dem zu prüfenden Wasser bis zur Litermarke aufgefüllt. Die 1000 Teile der Mischung enthalten demnach: 100 Teile Bouillon, 5 Teile Pepton, 1 Teil Karbolsäure und 830 Teile des zu untersuchenden Wassers. Diese 1000 ccm Flüssigkeit werden in 10 sterilisierte, mit Wattestopfen versehene Gefäße verteilt und bei 34$^0$ C. gehalten. Die Temperatur darf nicht unter 32$^0$ C. herabgehen und namentlich nicht über 36$^0$ C. hinausgehen, weil höhere Temperaturen die gesuchten Bakterien ungünstig beeinflussen. Nach 12—30 Stunden, je nach der Menge der in dem Wasser vorhandenen Typhus- und Colibakterien entsteht eine Trübung. Sobald dieselbe deutlich geworden ist, überträgt man eine Oese der Flüssigkeit einerseits in Röhrchen mit normaler Bouillon und andererseits in 2 Röhrchen mit einer wie die Versuchsflüssigkeit 100 Bouillon, 5 Pepton und 1 Karbolsäure im Liter enthaltenden Flüssigkeit. Häufig enthält die normale Bouillon jetzt bereits einzig und allein die genannten Bakterien. Ist dies nicht der Fall, so überträgt man aus den beiden bei 34$^0$ gehaltenen Röhrchen mit Bouillon-Pepton-Karbollösung nach 6 Stunden, gleichviel ob sie getrübt sind oder nicht, eine Oese in zwei neue solche Röhrchen. Jetzt wartet man ab, bis sie gut getrübt sind, überträgt in normale Bouillon und legt aus dieser nach einigen Stunden Bebrütung Plattenkulturen an, um Typhus- und Colibakterien zu trennen. Um das Verfahren zu prüfen, setzte Péré zu einem Liter eines allerdings nur wenige Keime enthaltenden Wassers von einer stark verdünnten Mischung von Typhus- und Colibakterien so viel hinzu, daß ein Liter des mit den Zusätzen versehenen Wassers etwa 7 den beiden Species angehörende Keime enthielt. Von den 10 Kolben, in welche die Mischung verteilt war, trübten sich 2 nach 30 Stunden, 3 nach 36 Stunden, 5 blieben klar. Das Bacterium coli trübt die Flüssigkeit am häufigsten zuerst, sodaß man, wenn die beiden Arten sich in einem Wasser finden, befürchten könnte, nur dies Bacterium nach den 3 Uebertragungen zu erhalten. Der direkte Versuch, sagt Péré, hat diese Befürchtung nicht bestätigt, die Plattenkultur hat gezeigt, daß sowohl nach der ersten wie nach der dritten Uebertragung in das Karbolterrain beide Bakterien sich in der normalen Bouillon nebeneinander entwickelten. Man könnte hier den Einwurf machen, daß manche Colibakterien unter dem Einflusse des karbolhaltigen Mediums sich so veränderten, daß sie in den Kulturen sich den Typhusbacillen ähnlich verhielten. Nach den Untersuchungen von Malvoz[21] indessen werden die Colibakterien erst durch eine über mehrere Wochen sich ausdehnende Kultur in Karbolbouillon so verändert, daß sie in ihrem kulturellen Verhalten, namentlich in den Plattenkulturen, den Typhusbacillen sehr ähnlich sind. Mit seinem Verfahren hat Péré aus zwei der algierischen Wässer Bacillen gewonnen, welche er nach ihren morphologischen und kulturellen Eigenschaften für unzweifelhafte Typhusbacillen erklärte, freilich hat er sie der Gärungs-, Milch- und Indolprobe nicht unterzogen.

Kleber[22], welcher das Péré'sche Verfahren nachprüfte, fand dasselbe unzuverlässig, da er aus dem Züricher Seewasser neben einer die Gelatine sehr rasch verflüssigenden Bakterienart auch noch dem Bacterium coli ähnliche Bakterien auftreten sah. Bessere Resultate hinsichtlich der Gewinnung des Bacterium coli erhielt er, wenn er den Gehalt der Karbolsäure in den Nährflüssigkeiten auf 2 $^0/_{00}$ erhöhte. Damit ist dann freilich der Nachweis der Typhusbacillen auch unmöglich

gemacht, weil diese durch einen so hohen Karbolgehalt abgetötet oder doch sehr erheblich geschädigt werden.

Für relativ reine, bakterienarme, verdächtige Quellwässer, wie die von Péré untersuchten Wässer in Algier, scheint demnach das Péré'sche Verfahren anwendbar zu sein, für stärker verunreinigte See-, Fluß- und Brunnenwässer aber nicht.

Rawitsch-Stscherba[23] wandte, nachdem er sich von der Erfolglosigkeit der Karbolmethode zur Isolierung von Typhusbacillen aus Wasser und Faeces überzeugt hatte, zu dem gleichen Zwecke eine Lösung von **α-Naphthol** an. Er fand, daß Typhusbacillen in einer mit 0,1 $^0/_{00}$ α-Naphthol versetzten Bouillon sich noch kräftig entwickelten, während die meisten Wasserbakterien darin abstarben. Erst bei 0,2 $^0/_{00}$ α-Naphtholzusatz hörte das Wachstum der Typhusbacillen vollständig auf. Die Typhusbacillen wuchsen schneller in der mit 0,1 $^0/_{00}$ α-Naphthol versetzten Bouillon als das Bacterium coli. Wenn er daher nach 24-stündiger Bebrütung einer solchen Mischkultur von Typhus- und Colibakterien in frische Bouillon mit gleichem Zusatze weiterimpfte, so wuchs in dieser fast schon eine Reinkultur von Typhusbacillen.

Sein Verfahren gestaltete sich nun folgendermaßen: Er füllte in eine Anzahl von Probierröhrchen 5 ccm Bouillon, setzte dazu 3—5 Tropfen des Wassers und 2 Tropfen einer 2-proz. Lösung des α-Naphthols in 90-proz. Alkohol aus einer Kapillarpipette, welche auf 1 ccm der Lösung 80 Tropfen lieferte. Der Gehalt an α-Naphthol war so genau 0,1 $^0/_{00}$. Dann setzte er die Röhrchen in den Brütapparat. Aus derart behandelten Röhrchen, in welche ein mit Peptonbouillon versetztes Leitungs- (Weichsel-) oder Brunnenwasser gebracht war, erhielt er nach einigen Tagen stets Reinkulturen von Typhusbacillen bei Uebertragungen auf andere Nährböden. Bei Gegenwart von Bacterium coli, wie z. B. in Faeces von Typhuskranken, gelang die Isolierung der Typhusbacillen leicht durch 24-stündiges Weiterimpfen in frische Naphtholbouillon.

Wenn das Rawitsch-Stscherba'sche Verfahren das leistete, was in der Mitteilung versprochen wird, so wäre mit demselben die Lösung des Problems gefunden. Leider aber hat Lösener bei seinen Untersuchungen dasselbe nicht bewährt gefunden, weil stets das Bacterium coli bez. die typhusähnlichen die Typhusbacillen derart überwucherten, daß diese, selbst bei stark überwiegender Aussaat, in den aus den Vorkulturen angelegten Platten gar nicht oder nur ganz vereinzelt aufgefunden werden konnten. Die im Greifswalder hygienischen Institute von Drewitz angestellten Versuche haben zu denselben Ergebnissen geführt, wie sie Lösener bei seinen Untersuchungen zu verzeichnen gehabt hat.

Lösener hat in Uebereinstimmung mit Kruse und Heim die Vorkultur gänzlich verworfen, weil stets bei gleichzeitiger Anwesenheit des Bacterium coli die Typhusbacillen in derselben unterdrückt würden.

Nach den Untersuchungen von Grimbert[25] ist der schädigende Einfluß der Colibakterien auf Typhusbacillen im Wasser ein außerordentlich großer. Uebertrug er in 1 Liter gewöhnlichen sterilisierten Wassers 1 ccm einer Typhusbouillonkultur und gleichzeitig 1 ccm einer Colikultur, so vermochte er nach 48 Stunden die Typhusbacillen nicht mehr nachzuweisen, auch nicht mit dem Péré'schen Verfahren. Selbst wenn die Typhusbacillen im Ueberschuß waren, wenn er 1 ccm Typhuskultur und nur 2 Tropfen einer Colikultur 1 Liter sterilen Wassers beigab, gelang es ihm nach 3 Tagen weder bei Anwendung des Gelatine-Plattenverfahrens noch mittels der Bouillon-Vorkultur Typhusbacillen wiederzu-

finden. Es wuchsen stets nur Kolonien des Bacterium coli. Beschickte er dasselbe Wasser aber allein mit Typhusbacillen, so gelang ihr Nachweis leicht.

Kruse[24] bediente sich nun einfach, um die verflüssigenden Keime auszuschalten, einer nicht alkalisch gemachten, natursauren oder aber mit 0,05 bis 0,1 Proz. Karbolsäure bez. Salzsäure versetzten Nährgelatine, welche er in Petri'schen Schälchen erstarren ließ und dann mit 1—20 Tropfen des zu untersuchenden Wassers betröpfelte. Mit einem feinen sterilisierten Haarpinsel verteilte er die Tropfen über die ganze Fläche, um oberflächliche Kolonien zu erzielen. Lösener bediente sich einer gewöhnlichen Nährgelatine mit 0,03—0,05 Proz. Karbolsäuregehalt. Er fand, daß dieser Zusatz allein befriedigende Ergebnisse lieferte, weil er das Wachstum des Typhusbacillus nicht beeinträchtigte, eine charakteristische Ausbreitung der Oberflächenkolonien zuließ und gleichwohl die Entwickelung von verflüssigenden Keimen in ziemlich erheblichem Grade verhinderte.

Nach den Untersuchungen von Holz, welcher zuerst dargethan hatte, daß nur bis zu einem Gehalt von 0,083 Proz. Karbol die Typhusbacillen ungehindert in Nährgelatine sich entwickeln, sind die Vorteile, welche man durch Anwendung einer solchen Karbolzusatzes erhält, recht geringe, weil in dieser Gelatine auch unzählige andere Mikroorganismen wachsen, wie er an zahlreichen diesbezüglichen Untersuchungen verschiedener Erdproben erfahren mußte. Immerhin dürfte bei der Untersuchung von Wässern, in welchen die Zahl der noch in 0,085-proz. Karbolgelatine wachsenden Organismen geringer ist als in Erdproben, eine Karbolgelatine von 0,05 Proz. Karbolgehalt mit Vorteil bei der direkten Aussaat der verdächtigen Proben in dieselbe zu verwenden sein.

In allerneuester Zeit hat Elsner[26] eine Nährgelatine aufgefunden, auf welcher er das Bacterium coli aus allen möglichen Schmutzwässern und Erdproben „unter fast völligem Ausschluß sämtlicher anderer Bakterienarten" hat zur Entwickelung bringen können. Auf dieser selben Gelatine gedeiht auch der Typhusbacillus „jedoch in einer von dem Bacterium coli äußerst leicht zu unterscheidenden Art und Weise". Diese Nährgelatine ist eine „Jodkali-Kartoffel-Gelatine". Die Herstellung derselben beschreibt Elsner in nicht ganz klarer Weise folgerdermaßen: „Man verfährt dabei am besten in der Weise, daß man gewöhnliche Gelatine mit einem Kartoffelauszug ($^1/_2$ kg auf 1 Liter Wasser) zusammenkocht, ihr dann durch Zusatz von Normal-Natronlauge einen Säuregrad giebt, wie ihn bereits Holz fand, filtriert und sterilisiert. Im Bedarfsfalle giebt man nun diese Gelatine in Erlenmeyer'sche Kölbchen, und versetzt diese mit 1 Proz. Jodkali; in diese Mischung impft man hinein und gießt die nötigen Platten *).

Auf dieser Gelatine wachsen die Colibakterieu üppig, so daß sie nach 24 Stunden bereits völlig ausgewachsen erscheinen, während die Typhus-Bacillen-Kolonien noch fast gar nicht sichtbar sind, sondern erst nach

*) Holz, Zeitschrift für Bakteriologie 1889, 13. Bd. (Sic! Die Arbeit von Holz ist erschienen in der Z. f. H. (1890) 8. Bd.): „Auf 10 ccm Gelatine kommen 2,5—3,0 ccm $^1/_{10}$ Normal-Natronlauge, um sie zu neutralisieren. Als Indikator diente Lakmustinktur. Dies erreicht man ungefähr, wenn man soviel Lauge vor dem Filtrieren zusetzt, dafs die Abkochung nur noch schwach sauer reagiert. Beim Sterilisieren säuert sie dann entsprechend viel nach. Natürlich mufs nach dem Sterilisieren auf die Richtigkeit der Reaktion geprüft werden".

48 Stunden als kleine, hellglänzende, Wassertropfen ähnliche, äußerst fein granulierte Kolonien, neben den großen, viel stärker granulierten, braungefärbten Kolonien des Bacterium coli in die Erscheinung treten. „Nur bei sehr dicht besäten Platten kann es passieren, daß einmal eine durch die Masse der Keime in ihrem Wachstum gehemmte Colikolonie wie eine solche des Typhusbacillus aussieht". Elsner hat nun die Brauchbarkeit seiner Nährgelatine für den Nachweis der Typhusbacillen im Wasser geprüft, indem er eine Oese einer Typhuskultur + 20 Oesen einer Colikultur in 2 Litern Berliner Leitungswasser aufschwemmte, davon 1 ccm wieder in 2 Liter Wasser, und von diesen wieder 1 ccm in zwei andere Liter Wasser u. s. f. brachte. Es stellte sich heraus, daß man noch in der dritten derartig hergestellten Verdünnung, d. h. bei 1 : 8000 Millionen, die Typhuskolonien nachweisen konnte. Leider hat Elsner, wie es scheint, keine Versuche gemacht, die Brauchbarkeit seiner Methode an natürlichen, stark verunreinigten, mit wenigen Typhusbacillen versetzten Wässern zu prüfen.

Weitere Versuche müssen erst lehren, ob sie unter diesen Verhältnissen mehr leistet, als die übrigen Methoden, namentlich die einfache Holz'sche Kartoffelgelatine. Das Ideal eines Nährsubstrates für Typhusbacillen hat sie jedenfalls noch nicht erreicht, weil sie die Entwickelung der Typhusbacillen ohne Zweifel stark behindert. Solche Gelatinen, in welchen der Typhusbacillus üppig und zugleich in charakteristischer Weise verschieden von dem Coli Bacterium wächst, werden sich aber herstellen lassen. Im hygienischen Institut zu Greifswald wurde zufällig einmal eine gewöhnliche schwach alkalische Nährgelatine gefunden, in welcher die Typhusbacillen auf das üppigste gediehen und zugleich ganz konstant eigentümliche, sofort in die Augen fallende Kolonien bildeten. Während sonst in der Nährgelatine die Typhuskolonien rund und glattrandig sind, zeigten in dieser Gelatine die Kolonien der verschiedensten Typhusstämme in ganz gleichmäßiger Weise nach allen Seiten hin ausstrahlende Fortsätze von ungleicher Länge, so daß sie unter allen anderen Bakterienkolonien sofort erkannt werden konnten. Leider sind bisher alle Versuche, die Ursache dieser eigentümlichen, aber ganz konstanten Wachstumsweise aufzufinden, vergebliche gewesen.

Die ganz außerordentlichen Vorteile, welche die Vorkultur, die Anreicherung in Peptonlösung, für den Nachweis der Cholerabakterien bietet, falls deren Zahl nur eine geringe ist, lassen a priori auch für den Nachweis vereinzelter Typhusbacillen eine Vorkultur als aussichtsvoll erscheinen, wofern man ein für die Typhusbacillen ebenso sich eignendes Substrat, wie es das Peptonwasser für die Cholerabakterien ist, gefunden haben wird. Die Auffindung eines solchen Substrates, in welchem die Typhusbacillen trotz der Anwesenheit zahlreicher Colibakterien sich entwickeln, ist aber bisher noch nicht gelungen. Auch die zahlreichen diesbezüglichen, im Greifswalder hygienischen Institute von Löffler in Gemeinschaft mit Dr. Drewitz angestellten Versuche haben zu einem wirklich befriedigenden Ergebnisse bisher nicht geführt. Für relativ reinere, durch Fäkalien nicht stark verunreinigte Wässer hat sich folgende Methode als brauchbar erwiesen:

100 ccm des zu untersuchenden Wassers werden mit 10 ccm frisch bereiteten sterilisierten Kartoffelsaftes, dessen natürlicher Säuregehalt

einem Gehalt von 20 ccm Normalsalzsäure im Liter, d. h. einem Gehalte von ziemlich genau 0,1 $^0/_{00}$ HCl entspricht, versetzt und in den Brütapparat bei 36° C. gebracht. Nach 8 und 12 Stunden werden aus der Kultur 2 Platinösen voll Flüssigkeit in 5 ccm frisch bereiteter Kartoffelsaftgelatine ausgesät und aus diesem Röhrchen nach gehöriger Durchmischung wiederum 2 Oesen in ein zweites Röhrchen mit Kartoffelgelatine übertragen. Der Inhalt der Röhrchen wird in Doppelschälchen ausgegossen und bei 20—22° C. gehalten. Nach 36—48 Stunden sieht man, falls das Wasser Typhusbacillen enthielt, in allen Platten typische, der Beschreibung von Holz entsprechende Typhusbacillenkolonien erscheinen, welche am besten in der ersten Verdünnung hervortreten. Die Typhuskolonien erkennt man zunächst daran, daß sie erheblich kleiner sind als die der übrigen zur Entwickelung gelangten Bakterienarten. Zahlreiche typhusähnliche Wasserbakterien wachsen bei diesem Verfahren überhaupt nicht, ebensowenig zahlreiche, die Gelatine verflüssigende Arten, die coliähnlichen aber sehr viel schneller und üppiger als die Typhusbacillen.

Aus Greifswalder Leitungswasser sowie aus verschiedenen Brunnenwässern, welche mit wenigen Typhusbacillen, 10—20 auf 100 ccm, versetzt waren, konnten die Typhusbacillen nach diesem Verfahren mit Leichtigkeit gewonnen werden.

In dem hochgradig unreinen Wasser aus dem Stadtgraben, welcher die Abwässer der halben Stadt Greifswald aufnimmt, gelang der Nachweis einiger weniger, eingesäter Typhusbacillen nicht, weil dieselben von den zahlreichen, darin vorhandenen Colibakterien in der Vorkultur unterdrückt wurden.

### Gang des Verfahrens bei der Prüfung der typhusverdächtigen Kolonien.

Die auf den Platten als typhusverdächtig erscheinenden Kolonien werden zunächst am besten nach Kruse's Vorschlag in Nähragar mit 2 Proz. Traubenzuckerzusatz durch Stich geimpft.

Alle diejenigen Gläser, welche nach 24 Stunden Gas entwickelt haben, können sofort ausgeschaltet werden von der weiteren Prüfung, da sie sicher keine Typhusbacillen enthalten. Bleiben Gläser steril, so kann es sich entweder um eine nicht gelungene Ueberimpfung oder aber um eine Art handeln, welche bei Brüttemperatur nicht gedeiht. Hat man die Kolonie bezeichnet, von welcher man abgeimpft hat, so wird man die Uebertragung wiederholen.

Die im Impfstich ohne Gasentwickelung gewachsenen Bakterien bringt man in Maaßen'sche Nährlösung und in Peptonbouillon. Tritt in ersterer Wachstum ein, so handelt es sich nicht um Typhusbacillen; ist in der Peptonbouillon Indol gebildet nach 3—5 Tagen, so kann ebenfalls kein Typhusbacillus vorliegen. Ist in der Maaßen-schen Nährlösung jede Entwickelung ausgeblieben und in der Peptonbouillon kein Indol gebildet, so handelt es sich höchst wahrscheinlich um Typhusbacillen. Die in Lackmusmolke gebildete Säuremenge und das Ausbleiben der Gerinnung in Milchkulturen muß dann den Verdacht bestätigen, auch müssen die morphologischen und tinktoriellen Eigenschaften der verdächtigen Bacillen genau mit denen echter Typhusbacillen übereinstimmen. Den Abschluß der Beweisführung bildet der positive Ausfall der mit hochwirksamen Typhusserum angestellten Pfeiffer'schen Reaktion.

1) **Budd**, *Lancet* 1856; *Typhoid fever: its nature . . . etc., London* 1873.
2) **Murchison**, *Contribution to the etiology of continued fevers, Med. chir. Trans.* (1858); *Atreatise on the continued fevers of Great-Britain, London* 1862.
3) **A. Hirsch**, *Handbuch der hist.-geogr. Pathologie, Stuttgart* 1881, *Abt. I*, 475.
4) **W. Lösener**, *Ueber das Vorkommen von Bakterien mit den Eigenschaften der Typhusbacillen in unserer Umgebung ohne nachweisbare Beziehungen zu Typhuserkrankungen nebst Beiträgen zur bakteriologischen Diagnose des Typhusbacillus, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amte* (1895) 11. *Bd.* 207.
5) **Schild**, *Eine Typhusepidemie mit nachweisbarer Entstehungsursache und die Diagnose des Typhusbacillus mittels Formalin, Z. f. H.* (1894) 16. *Bd.* 373.
6) **Camillo Terni**, *La diagnosi differenziale del bacillo del tifo, Annali dell' Istituto d' Igiene Sperimentale della R Università di Roma* (1893) *Vol. III* (*Nuova Serie*) 269.
7) **Johannes Petruschky**, *Bakteriol.-chemische Untersuchungen, C. f. B.* (1889) 6. *Bd.* 625, 657 (*Bereitung der Lackmusmolke*); (1890) 7. *Bd.* 1 *u.* 49.
8) **A. Maassen**, *Beiträge zur Differenzierung einiger dem Vibrio der asiatischen Cholera verwandten Vibrionen und kurze Angaben über eiweißfreie Nährböden von allgemeiner Anwendbarkeit, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amte* (1894) 9. *Bd.* 401.
9) **R. Pfeiffer**, *Ueber die spezifische Immunitätsreaktion der Typhusbacillen, aus dem Institut für Infektionskrankheiten zu Berlin, Deutsch. med. Wochenschr.* (1894) *No.* 48 *S.* 898.
10) **Chantemesse** *und* **Widal**, *Gazette des hôpitaux* (1887) 202.
11) **Thoinot**, *Gazette des hôpitaux* (1887) 348.
12) **Max Holz**, *Experimentelle Untersuchungen über den Nachweis der Typhusbacillen, Z. f. H.* (1890) 8. *Bd.* 143.
13) **J. Uffelmann**, *Ueber den Nachweis des Typhusbacillus, Berl. klin. Wochenschr.* (1891) 857.
14) **Dunbar**, *Untersuchungen über den Typhusbacillus und den Bacillus coli communis, Z. f. H.* (1892) 12. *Bd.* 485.
15) **A. Rodet**, *Compt. rend. hebd. d. s. d. l. Société de biologie* (1889) *No.* 26, *ref. C. f. B.* (1889) 6. *Bd.* 500.
16) **Vincent**, *Présence du bacille typhique dans l' eau de Seine pendant le mois de juillet* 1890, *A. P.* (1890) 772, *Soc. d. biologie* 1. *Febr.* 1890; *Annales de Micrographie* (1890) *Juin.*
17) **Parietti**, *Metodo di ricerca del bacillo del tifo nelle acque potabili, Rivista d' igiene e sanità publica* 1890 *No.* 11, *ref. Hyg. Rdsch.* (1891) 1. *Bd.* 337.
18) **Kamen**, *Zum Nachweise der Typhusbacillen im Trinkwasser, C. f. B.* (1892) 11. *Bd.* 33.
19) **Velich**, *Nachweis von Typhusbacillen im Brunnenwasser, Allg. Wien. med. Ztg.* (1892) 37. *Bd.*
20) **M. Péré**, *Contribution à l' étude des eaux d' Alger, A. P.* (1891) 5. *Bd.* 79.
21) **E. Malvoz**, *Recherches bactériologiques sur la fièvre typhoide, Paris* 1893.
22) **Anton Kleber**, *Qualitative und quantitative bakteriologische Untersuchungen des Zürcherseewassers, Zürich, Inaug.-Diss.* 1894, *ref. Hyg. Rdsch.* (1895) 5. *Bd.* 199.
23) **Rawitsch-Stscherba**, *Zur Frage des Nachweises der Typhusbakterien in Wasser und Faeces, Wojenno-medicinskoe Journal April* 1892, *ref. Baumgarten, Jahresbericht* (1892) 8. *Bd.* 220; *Hyg. Rdsch.* (1893) 3. *Bd.* 392.
24) **W. Kruse**, *Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers, Z. f. H.* (1894) 17. *Bd.* 44.
25) **Grimbert**, *Sur la recherche du bacille d' Eberth dans les eaux, La Semaine médicale* 1894 *No.* 29, 230, *Société de Biologie, séance de* 12 *mai* 1894.
26) **Elsner**, *Untersuchungen über elektives Wachstum der Bacterium coli-Arten und des Typhusbacillus und dessen diagnostische Verwertbarkeit, Z. f. H.* (1895) 21. *Bd.* 25.

## E. Ruhr.

Während hinsichtlich der Cholera und auch des Typhus die Verbreitung durch Trink- und Gebrauchswasser jetzt als erwiesen angesehen werden kann, sind wir hinsichtlich einer Reihe von anderen infektiösen Krankheiten noch nicht weitergekommen, als man vor 25 Jahren war, d. h. wir können auch heute nur mit einer gewissen mehr oder minder großen Wahrscheinlichkeit auf Grund einer Reihe von epidemiologischen Beobachtungen dem Wasser einen Anteil an der Verbreitung jener Krankheiten zur Last legen.

Die Krankheiten, um welche es sich handelt, sind die Ruhr, die Malaria und der Kropf.

„Auch in der Aetiologie der Ruhr“, sagen Roth und Lex[1] in ihrem im Jahre 1872 erschienen Handbuche der Militär-Gesundheitspflege, „spielt das Trinkwasser eine wichtige Rolle, die schon den älteren Armeeärzten wohl bekannt war und namentlich von Pringle mehrfach hervorgehoben wird. In den Tropen, wo die Krankheit bekanntlich viel häufiger ist als in unseren Breiten, sind die Erfahrungen über ihr Auftreten nach dem Genuß unreinen Wassers so zahlreich, daß der ursächliche Zusammenhang als eine allbekannte Sache gilt, wenn er auch durch exakte Analysen dürftig gestützt ist.“ „Am beachtenswertesten“, sagt Hirsch[2] in seinem Handbuch der historisch-geographischen Pathologie im Jahre 1886, „wenn auch immerhin mit Vorsicht aufzunehmen sind diejenigen Beobachtungen, welche dafür zu sprechen scheinen, daß der Genuß eines mit fauligen vegetabilischen oder animalischen, besonders Fäkalstoffen verunreinigten oder vielleicht das Krankheitsgift selbst führenden Trinkwassers von wesentlicher ätiologischer Bedeutung für die Entstehung von Darmkatarrh und Ruhr ist.“

Wir verzichten darauf, die von den genannten Autoren angeführten zahlreichen diesbezüglichen Beobachtungen, welche zum Teil ebenso frappierend sind wie diejenigen, welche die ätiologische Bedeutung des Wassers für die Verbreitung von Cholera und Typhus beweisen, hier zu reproduzieren. Da es noch nicht sicher festgestellt ist, ob die in verschiedenen Ländern vorkommenden ruhrartigen Erkrankungen ätiologisch durch ein und dasselbe Agens bedingt sind, da über den Erreger der Ruhr die Ansichten der Forscher noch sehr auseinandergehen, da für die tropische Ruhr mit großer Wahrscheinlichkeit eine Amöbe (Koch, Kartulis, Kruse und Pasquale[3]), für die japanische Ruhr von Ogata[4], für die italienische von Celli und Fiocca[5] bestimmte voneinander verschiedene Bakterien als Erreger angesehen werden, da aber weder diese Amöbe noch die Bakterien so genau erforscht und gekennzeichnet sind, daß sie selbst in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Ruhrprozeß von ähnlichen im Darmkanale vorkommenden Organismen mit Sicherheit unterschieden werden können, so liegt es auf der Hand, daß von einem Nachweise der betreffenden Erreger im Wasser bisher nicht die Rede sein und der wissenschaftliche Beweis für ihr Vorkommen als krankheitserregende Potenz im Trinkwasser nicht geführt werden kann.

Wir können aus den bisher vorliegenden epidemiologischen Beobachtungen nur den Schluß ziehen, daß ungeschützte Wässer, namentlich allen möglichen Verunreinigungen ausgesetzte Oberflächenwässer in solchen Gegenden, in welchen Ruhr erfahrungsgemäß vorkommt, als der Ruhrerzeugung verdächtig angesehen und dementsprechend vor dem Gebrauch von den betreffenden präsumptiven Erregern befreit werden müssen.

1) **Roth** *und* **Lex**, *Handbuch der Militärgesundheitspflege* (1872) 1. *Bd.* 25.
2) **August Hirsch**, *Handbuch der historisch-geographischen Pathologie* (1886) *III. Abt.* 246 (*Ruhr*).
3) **W. Kruse** *und* **A. Pasquale**, *Untersuchungen über Dysenterie und Leberabscefs, Z. f. H.* (1894) 16. *Bd.* 1; *siehe ebenda die Ruhrlitteratur* 143—145.
4) **Ogata**, *Zur Aetiologie der Dysenterie, C. f. B.* (1892) 11. *Bd.* 264.
5) **A. Celli** *und* **R. Fiocca**, *Ueber die Aetiologie der Dysenterie, C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 309.

## F. Malaria.

Sehr viel weniger bestimmt als für die Ruhr lauten die Urteile der Autoren über die Erzeugung der Malariakrankheiten durch Trinkwasser.

Wenn auch schon Hippocrates sagt, daß diejenigen, welche Sumpfwasser trinken, große, harte Milzen bekommen, und wenn auch Rhazes sich dahin ausspricht, daß der Genuß von Sumpfwasser Fieber erzeugt, und wenn auch an manchen Orten, wie z. B. in Ceylon, die Eingeborenen davon überzeugt sind, daß unreines Wasser, besonders wenn Elefanten und Büffel darin gebadet haben, Fieber hervorrufe, so sind doch im Großen und Ganzen die in der Litteratur mitgeteilten Beobachtungen so unsicher und so wenig beweisend, daß Hirsch[1] zu dem Schlusse kommt: „Ebenso haben alle diejenigen Beobachtungen, welche als Beweise für die Verbreitung der Malaria durch Trinkwasser mitgeteilt worden sind, meiner Ansicht nach nicht die Bedeutung, welche ihnen von den Berichterstattern beigelegt worden ist.“ Nur eine Beobachtung wird von allen Autoren als von „schlagender Beweiskraft“ angeführt, ein von Boudin[2] aus dem Jahre 1834 berichteter Fall. Im Jahre 1834 wurden 800 in gutem Gesundheitszustande befindliche Soldaten in Bona (Algier) auf 3 Fahrzeugen eingeschifft, um nach Marseille übergeführt zu werden, wo sie an demselben Tage anlangten. Auf 2 Schiffen mit 680 Mann war keine Erkrankung vorgekommen, von den auf dem 3. Schiffe, der Argo, befindlichen 120 Mann waren auf der kurzen Reise nicht weniger als 98 an „Sumpffieber“ erkrankt und 13 gestorben. Alle waren denselben Einflüssen vor und während der Fahrt ausgesetzt gewesen. Der einzige nachweisbare Unterschied betraf das Wasser. Während die beiden ersten Schiffe und die Matrosen der Argo mit gutem Wasser versorgt waren, war das den Soldaten der letzteren gereichte Wasser Sumpfwasser gewesen, welches während der Fahrt wegen des widerlichen Geruches und Geschmackes zu lebhaften Klagen seitens der Besatzung Anlaß gegeben hatte. Ob in diesem Falle wirklich echte Malaria vorgelegen hat, und ob in der That das Trinkwasser und nicht vielmehr andere Momente auf diesem Schiffe die Erkrankungen veranlaßt haben, läßt sich mit Sicherheit nicht entscheiden. Jedenfalls steht dieser Fall vereinzelt in der Litteratur da. Wenn bei der Erzeugung der Malaria das Trinkwasser wirklich eine hervorragende Rolle spielte, so würden auch aus neuerer Zeit zahlreiche Mitteilungen diesbezüglicher Art vorhanden sein. Aber nur zwei Beobachtungen sind in der neueren Litteratur verzeichnet, welche auf eine Erzeugung von Malaria durch Trinkwasser hinweisen. Senise[3] hat auf dem Kongresse für innere Medizin zu Rom im Jahre 1889 einen Fall mitgeteilt, in welchem die Bewohner eines Ortes in den Apenninen, nachdem die Wasserleitung des Ortes unbrauchbar geworden, sich durch Genuß des Wassers einer Quelle mit Verdauungsbeschwerden beginnende Malaria zugezogen haben sollen, und außerdem ist im letzten Sanitätsbericht der Kaiserlich Deutschen Marine der Fall erwähnt, daß acht Mann der „Möwe“, welche von einem schlechtes Wasser enthaltenden Brunnen in Dar es Salaam getrunken hatten, sämtlich an schwerer Malaria, der erste bereits nach 36 Stunden, erkrankt sind. Die experimenti causa von zahlreichen Forschern, in neuerer Zeit von Celli, Marino und

namentlich von Zeri[4] unternommenen Versuche, durch Trinken bez. Inhalierenlassen von Sumpfwasser Malaria zu erzeugen, haben zu absolut negativen Resultaten geführt, welche mit den älteren Beobachtungen von Finke[5], nach welchen in Holland und in Ungarn Marschwasser tagtäglich ohne üble Wirkung genossen werde, gut übereinstimmen.

Von Interesse sind einige neuerdings von Kardamatis[6] mitgeteilte Beobachtungen, welche auf die Erzeugung von Malaria durch Vermittelung des Wassers Bezug haben. Eine Frau bekam Wechselfieber 36—48 Stunden nach Scheidenausspülungen mit Brunnenwasser zur Menstruationszeit. Kardamatis selbst wurde 6 Stunden nach einem zur Erleichterung des wegen Hämorrhoiden schmerzhaften Stuhlganges gesetzten Klystier, zu welchem er das Wasser aus einer Pfütze nehmen mußte, von äußerst heftigem Schüttelfrost befallen, der sich als Malariaanfall erwies und durch mehrere Gaben Chinin erfolgreich bekämpft wurde. In diesen beiden Fällen, deren wirkliche Malarianatur durch den Nachweis der Plasmodien leider nicht sichergestellt ist, haben Läsionen der Schleimhäute bestanden. Da nach den Versuchen von Gerhardt, Celli u. A. die Malaria überimpfbar ist, so wäre die Möglichkeit einer Erregung der Krankheit durch Bespülen wunder Haut- oder Schleimhautstellen mit malariaparasitenhaltigem Wasser nicht ausgeschlossen.

Ueber das ekanthrope Verhalten der durch die Untersuchungen von Laveran zuerst nachgewiesenen und als exquisite Zellparasiten erwiesenen Malariaerreger ist im übrigen Nichts bekannt. Von einem Nachweise derselben im Wasser kann daher nicht die Rede sein.

Der Kuriosität halber möge hier eine diesbezügliche Beobachtung des Cubaner Malariaforschers Tomás Coronado[7] Platz finden. In der Nähe eines sumpfigen Baches war eine Ansiedelung gegründet, deren Bewohner ihr Wasser aus dem Bache entnahmen. 11 Familienmitglieder des Begründers und 5 Arbeiter erkrankten an Malaria. Die Kolonie wurde veräußert. Auch die Familie des neuen Besitzers, 9 Mitglieder, sowie die neuen angenommenen Arbeiter erkrankten binnen Jahresfrist sämtlich an Malaria, mit spezifischen Parasiten im Blute. Ebenso kamen auf anderen Kolonien, welche das Wasser des Baches benutzten, fortwährend Malariaerkrankungen vor.

Coronado füllte nun Schlamm und Wasser des Baches in Reagenzgläser, sodaß der Schlamm etwa $^1/_3$ der Gesamtmasse ausmachte. Es entwickelte sich in diesen ruhig hingestellten Gläsern alsbald eine reiche mikroskopische Fauna und Flora. Nach einigen Wochen war das Wasser ganz klar und setzte sich scharf von dem Schlamme ab. In eine Anzahl solcher Gläser brachte Coronado parasitenhaltiges Blut von Malariakranken, welches sich auf den Schlamm herniedersenkte. Nach wenigen Stunden begann, von der Blutschicht ausgehend, eine Trübung, welche sich in 24 Stunden durch die ganze Wassermasse verbreitete und wie ein flockiger, leicht schillernder Niederschlag aussah. Der Niederschlag bestand aus durchsichtigen, farblosen, in der Mitte zusammengeschnürten Elementen, die in reger Dreh- und Fortbewegung begriffen waren. Dann entwickelten sich Kugeln von 3—6 $\mu$ im Durchmesser mit lebhaft schwingenden Geißeln, welche sich auch loslösten und frei herumschwammen. Diese Gebilde hielt Coronado für Malariaparasiten. Blut

von gesunden Individuen, in gleiche Gläschen ausgesät, gab keine Trübung und keine derartigen Gebilde. Ebenso blieben Versuche mit Leitungswasser und Malariablut ohne Erfolg, wohl aber gab Wasser und Schlamm mehrerer Sümpfe aus Fiebergegenden die gleichen Resultate. Wegen seiner Entwickelung im Sumpfwasser belegte Coronado den Malariaparasiten mit dem Namen Laveranea limnhémica. Die Logik der ganzen Versuche ist wenig verständlich. In dem Malaria erzeugenden, also doch den Malariaparasiten schon enthaltenden Schlammwasser sollen sich die Malariaparasiten entwickeln, wenn man parasitenhaltiges Blut von Malariakranken hinzusetzt, nicht aber, wenn Blut von Gesunden hinzugegeben wird. Seit den im Jahre 1892 mitgeteilten Versuchen hat Coronado Weiteres nicht von sich hören lassen.

Die Frage des Vorkommens der Malariaerreger im Wasser ist nach wie vor als ungelöst anzusehen.

1) **August Hirsch**, *l. c. I. Abt.* (1881) 209, *Malaria.*
2) **Boudin**, *Traité des fièvres intermittentes*, 66—68, *cit. bei Hirsch und Zeri* 124.
3) **Senise, Maragliano, Mosso** *participanti alla discussione* (*Lavori dei congressi di medicina interna: Secondo congresso tenuto in Roma nell' Ottobre* 1889), *ref. C. f. B.* (1890) 8. *Bd.* 403.
4) **Agenor Zeri**, *Aqua potabile e malaria, Ann. dell' Istituto d' igiene dell' università di Roma* (1890) *Vol. II Ser.* 1, 123.
5) **Finke**, *in Oesterlen, Handbuch der Hygiene, II. Aufl.* 129.
6) **J. P. Kardamatis**, Γαληνός (1894) 50—55 *ref. C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 909.
7) **Tomás V. Coronado**, *Reproducción experimental del hematozoario de Laverán, Laveranea limnhémica, Crónica médico-quirúrgica de la Habana* (1892) *No.* 22, *ref. C. f. B.* (1893) 13. *Bd.* 396.

## G. Kropf und Kretinismus.

„In der Lehre von den Krankheitsursachen", sagt Hirsch[1], „giebt es kaum eine in dem Volksglauben, eine in der Ueberzeugung der ärztlichen Beobachter tiefer wurzelnde Ansicht als die von dem kausalen Zusammenhange zwischen dem Gebrauche eines aus bestimmten Quellen stammenden Trinkwassers und der Entstehung von Kropf und Kretinismus. Diese Ansicht stützt sich auf die an den verschiedensten Punkten der Erdoberfläche gemachte Erfahrung, daß 1) an Orten, in welchen die genannten Krankheiten endemisch herrschen, nur diejenigen Individuen denselben unterliegen, welche ihren Trinkwasserbedarf einer bestimmten Bezugsquelle entnehmen, während diejenigen, welche das Trinkwasser aus anderen Quellen beziehen, von den Krankheiten verschont bleiben; daß 2) Kropf und Kretinismus in Ortschaften endemisch aufgetreten sind, nachdem in denselben neue Wasserquellen erschlossen waren und die Endemie ebensoweit reichte, als der Verbrauch des diesen entnommenen Wassers; und endlich 3) die Kropf- und Kretinismusendemien an Umfang verloren und schließlich erloschen, nachdem die verdächtige Wasserbezugsquelle aufgegeben (bezw. geschlossen) und für Zuleitung eines anderen, unschädlichen Trinkwassers Sorge getragen war." Besonders frappant sind die Mitteilungen über absichtliche Kropfinfektion durch den Genuß des Wassers aus „Kropfquellen" seitens französischer und italienischer Individuen, welche sich dem Militärdienste entziehen wollen.

Ueber derartige, wie es heißt, konstatierte Beobachtungen aus Savoyen berichtet Saint-Lager; und Lombroso bemerkt aus der Lombardei: A Cavecurta vi ha la „fonte del gozzo“ ove sogliono andare i giovanni all' epoca della coscrizione onde acquistare in quindici giorni quel diffetto che li sottrae dal servizio. (In Cavecurta existiert eine Kropfquelle, zu welcher die jungen Leute zur Aushebungszeit sich zu begeben pflegen, um aus derselben in 14 Tagen einen solchen Fehler zu acquirieren, welcher sie dienstuntauglich macht.)

Bei der Durchsicht der zahlreichen Angaben findet man nun freilich, daß nicht immer Wasserversorgungsgebiet und Krankheitsgebiet sich decken. Immerhin aber lassen doch die so außerordentlich bestimmten Angaben über die in kurzer Zeit kropferzeugenden „Kropfbrunnen“ und „Kropfquellen“ kaum einen Zweifel darüber zu, daß Kropf durch Trinkwasser erzeugt werden kann.

Welches nun aber das schädliche, krankheitserzeugende Moment in den betreffenden Wässern ist, darüber gehen die Ansichten weit auseinander. Der Gehalt an oder das Fehlen von bestimmten chemischen Bestandteilen in den betreffenden Wässern ist vergebens zur Erklärung herangezogen worden. Die Mehrzahl der Forscher neigt heute zu der Ansicht, daß ein belebtes Agens die Ursache sei. Irgendwelche zuverlässige Beobachtungen liegen indessen darüber bis heute nicht vor. Die „Naviculae“, welche Klebs in dem Quellwasser mehrerer von Kropf und Kretinismus heimgesuchter Gegenden Salzburgs gefunden und als Kropferreger angesprochen hat, haben ebenso wie die angeblich Malaria erzeugenden Palmellen Salisbury's nur noch ein gewisses historisches Interesse. Solange man in den pathologischen Veränderungen der erkrankten Individuen das präsumptive infektiöse Agens nicht gefunden hat, so lange wird es natürlich auch verlorene Liebesmühe sein, dasselbe außerhalb des erkrankten Individuums, etwa im Wasser suchen und auffinden zu wollen.

1) **August Hirsch**, *l. c.* (1883) *II. Abt.* 128, *Kropf.*

## H. Gelbfieber.

Ueber die Beziehungen des Wasser zur Verbreitung des Gelbfiebers ist nur wenig bekannt. Nur eine Thatsache tritt bei dem Studium der Gelbfieberepidemien überall in den Vordergrund. Das Gelbfieber ist eng gebunden an die Meeresküsten und an die Ufer schiffbarer Ströme. Nur sehr selten, wie z. B. in Spanien im Anfang dieses Jahrhunderts, haben sich die Epidemien weit von den Wasserläufen entfernt. Vielleicht findet der bisher ja noch unbekannte Erreger im Meerwasser, im Brackwasser oder im Flußwasser einen günstigen Boden für seine Entwickelung. Von einer etwaigen Uebertragung der Krankheit durch Wassergenuß ist nirgends in der überaus umfangreichen Gelbfieber-Litteratur die Rede.

## I. Pest.

Bei der Verbreitung der Pest scheint dem Wasser eine Bedeutung nicht zuzukommen. Da der Erreger, dank den Untersuchungen von Kitasato und Yersin, bekannt ist, kann das Verhalten des Pestbacillus zum Wasser mit Leichtigkeit studiert werden. Die Möglich-

keit, daß Wasserläufe namentlich durch an Pest gestorbene Ratten infiziert werden und dann zur Verbreitung der Krankheit beitragen können, ist nicht gänzlich von der Hand zu weisen.

Daß das Wasser außer bei den besprochenen Krankheiten unter Umständen als Träger der spezifischen Erreger noch an der Erzeugung anderer infektiöser Affektionen beteiligt sein kann, diese Möglichkeit darf nicht außer acht gelassen werden, da die Erreger zahlreicher Infektionskrankheiten, wie experimentelle Untersuchungen, deren wir im folgenden Abschnitte gedenken werden, ergeben haben, längere Zeit sich im Wasser lebensfähig erhalten können.

## K. Tuberkulose.

So ist z. B. von Casado y Fernandez[1] der Fall berichtet, daß ein Kind durch den Genuß des Wassers aus einer mit tuberkulösem Sputum verunreinigten Pfütze Tuberkulose acquiriert haben soll.

1) **Casado y Fernandez.** *Infecion tuberculosa por el agua contaminada. Rivista de medicina e cirurgia pratica* 1890, *cit. nach* Lustig, *Diagnostik der Bakterien des Wassers, Jena* 1893, 4.

## L. Wundinfektionskrankheiten.

Von Wichtigkeit ist das Vorkommen der Erreger der Wundinfektionskrankheiten in Oberflächenwässern.

Bereits im Jahre 1878 gewann Pasteur[1] aus dem Leitungswasser seines Laboratoriums einen Mikroben, welcher, in das subkutane Zellgewebe von Kaninchen gebracht, Eiterung hervorrief. Später haben Macé[2], Ullmann[3] und Tils[4] Staphylokokken in verschiedenen Wässern gefunden. Ullmann, welcher sich besonders eingehend mit der Verbreitung der Staphylokokken beschäftigt hat, fand sie, wie vor ihm auch bereits Passet[5], in besonders reichlicher Menge in Spülwässern aus Haushaltungen, sowie in stark mit solchen verunreinigten Flußläufen, in der Spree bei Berlin und in der Wien bei Wien, in diesen jedoch in sehr variierender Menge. In dem reinen Wasser der Wiener Hochquellenleitung fehlten sie. Auch im Regenwasser fand sie Ullmann, jedoch nur in den ersten Regentropfen, während spätere Proben sich als frei davon erwiesen.

Zum Nachweise der Staphylokokken wandte Ullmann das Gelatineplattenverfahren an. Mit zunehmender Uebung gelang es ihm leicht, die Staphylokokkenkolonien herauszufinden. Bei schwacher Vergrößerung erschienen sie als kreisrunde, glattrandige, hellbraune, im Centrum dunklere Scheiben, welche die Gelatine bald um sich her verflüssigten und nun in der verflüssigten Gelatine untergegangene Kolonien darstellten. Die diesen Habitus darbietenden Kolonien wurden abgestochen und weiter auf Agar und durch den Tierversuch geprüft.

Als Erreger des sog. Pende'schen oder tropischen Geschwürs (Bouton oder Clou de Biskra, Gafsa, Delhi, Pendjeb), einer in subtropischen Ländern, an der ganzen südlichen Küste des Mittelländischen Meeres, in Syrien, Mesopotamien, Persien, Indien, besonders auch im russischen Transkaspigebiete, im Murgabthale, weit verbreiteten endemischen Erkrankung, wurde von Duclaux und Heydenreich[6] ein Mikroorganismus gefunden, welcher

mit dem Namen Micrococcus Biskra belegt worden ist. Die Affektion ist charakterisiert durch das Auftreten von multiplen, meist aus Papeln hervorgehenden, im nicht entzündeten Zustande unempfindlichen Geschwüren, besonders an den der Luft ausgesetzten Körperstellen, ferner durch die Entwickelung von Knoten in den Lymphbahnen und langsamen, über Monate sich erstreckenden Verlauf. Heydenreich, welcher auf kaiserlichen Befehl die Krankheit bei den im Murgabthale stationierten Soldaten näher erforscht hat, fand in allen Fällen einen die Nährgelatine verflüssigenden, den eitererregenden Staphylokokken sehr ähnlich sich verhaltenden, aber doch von ihnen sich unterscheidenden, meist weiße bis gelbliche Kolonien bildenden Coccus, mit dessen Reinkulturen er bei zahlreichen Tieren, Pferden, Hunden, Schafen, Kaninchen, Hühnern und auch beim Menschen experimentell die Krankheit wiedererzeugen konnte.

In der Absicht, festzustellen, woher und auf welchem Wege der Micrococcus in den menschlichen Organismus gelangte, untersuchte Heydenreich im Murgabthale Boden, Wasser und Luft. In allen drei Medien fand sich der Coccus, in allergrößter Menge aber in den Flüssen Murgab und Kuschk, und zwar bei jeder Temperatur der Atmosphäre (von + 15 bis — 10°). Nach Heydenreich's Zählungen enthielt jeder ccm Murgabwasser bei + 1° 719800 Micrococcus Biskra-Keime, bei + 3 bis + 5° 12106516—15619000. Anderweitige Mikroorganismen, Stäbchen, Bakterien, Schimmel und Hefen, kamen nur in geringer Menge darin vor. Nach der Ansicht Heydenreich's ist das Murgabwasser die Quelle für die Verbreitung des Micrococcus. Durch das rasche Verdunsten des Flußwassers, besonders während der heißen Jahreszeit, werden die Flußufer in weiter Ausdehnung bloßgelegt und trocknen dann rasch aus. Die im Murgabthale herrschenden Winde (NNO, N, NNW) wirbeln dann den trockenen Boden auf, so daß nunmehr massenhafte Keime in die Luft und aus dieser mit dem Staube auf die nichtbedeckten Körperstellen gelangen, in welche sie durch die Bewegungen der Kleider eingerieben werden. Begünstigend wirkt noch der Umstand, daß das Murgabthal im Frühjahr (Ende Februar bis Ende Mai) überschwemmt wird. In den Monaten Juni und Juli fällt das Wasserniveau, und dann erfolgt die Austrocknung der weiten mit Schlamm und Sand bedeckten Flächen. Die meisten Erkrankungen kommen dementsprechend von Mitte Juli bis Ende Oktober vor, im August und September erreichen dieselben ihr Maximum.

Vielfach tranken die Soldaten unfiltriertes, nur abgestandenes Murgabwasser. Heydenreich fand dementsprechend den Micrococcus häufig im Kote gesunder Menschen. Er ist geneigt, die im Murgabthale sehr oft beobachteten Darmaffektionen (besonders die sog. Follikularkatarrhe) einer Infektion mit dem im Murgabwasser enthaltenen Micrococcus Biskra zuzuschreiben. Dagegen meint er, daß die Hautaffektionen direkt von dem Wasser nicht hervorgerufen würden. Kulturen des Coccus aus Wasser zeigten geringe Virulenz, sie riefen bei Menschen und Tieren (Kaninchen und Hunden) nur schwach entzündliche (beim Menschen nur papulöse) oder gar keine Erscheinungen hervor.

Streptokokken sind mehrfach in Wässern gefunden, so von Maschek, Tils, Landmann[7] und Pasquay[8]. Namentlich die Mitteilung Landmann's ist von besonderem Interesse. Derselbe

untersuchte den Brunnen eines Hauses, in welchem im Laufe des letzten Jahres Diphtherieerkrankungen geherrscht hatten. Der Brunnen lag 4 m von der Abortgrube entfernt, hatte schadhafte Cementwandungen, war gegen Tagewässer nicht geschützt und hatte keinen Ablauf für seine Abwässer. Da das Wasser keimarm schien, centrifugierte Landmann 100 ccm ohne vorheriges Abpumpen entnommenen Wassers und legte mit dem Sediment Agarplatten an. Es wuchsen auf einer Platte 1200 Kolonien, von welchen eine Anzahl, von 50 etwa 8, ein den Kolonien der Diphtheriebacillen ähnliches Aussehen hatten. Sie enthielten aber keine Diphtheriebacillen, sondern Kokken, welche meist in unregelmäßigen Haufen lagen, aber einzelne kurze Kettchen von 4—6 Gliedern enthielten. Er säte von einer solchen Kolonie in alkalische Zuckerbouillon aus und fand, nachdem diese 24 Stunden im Brütapparat gehalten war, in der klar gebliebenen Bouillon einen wolkigen, aus kleinen Flöckchen bestehenden Bodensatz, welcher aus typischen Streptokokken mit langen, bis 100 Glieder enthaltenden Ketten bestand. Weiße Mäuse, welchen 0,3 ccm einer 24-stündigen Bouillonkultur subkutan injiziert wurden, starben in der Mehrzahl nach 5—8 Tagen. Auch in ihrem Wachstum auf verschiedenen festen und flüssigen Nährböden entsprachen die Streptokokken vollkommen dem Streptococcus pyogenes. Landmann glaubt, daß dieselben durch die erste in das Haus eingeschleppte Halserkrankung in das Wasser gelangt seien, und empfiehlt, bei Hausepidemien von Angina und Diphtherie das Augenmerk mehr, als dies bisher geschehen sei, auf das Trinkwasser zu richten.

Außer den genannten Eitererregern ist auch der Bacillus pyocyaneus von Tils in der Herdener Wasserleitung zu Freiburg aufgefunden worden und der Bacillus pyogenes foetidus von Pasquay im Münchener Kanalwasser.

Endlich sind auch die Erreger des Tetanus und des malignen Oedems mehrfach teils in Flußwässern, teils im Schlamm von Flüssen und Seen nachgewiesen (G. Roux, Lortet, Despeignes).

Die Infektion von Wunden beim Waschen mit oder beim Baden in derartigen mit Wundinfektionserregern beladenen Wässern ist demnach sehr wohl möglich, wenngleich dieser Art der Infektion gegenüber den gewöhnlichen Modis eine höhere Bedeutung nicht beigemessen werden kann.

Zu erwähnen sind an dieser Stelle noch die Untersuchungen Lindner's[9] über die pathogenen Wirkungen der stiellosen Vorticellen — von ihm „Askoidien“ genannt. Die in Schmutz- und Abfallwässern mit reichlichem Gehalt an tierischem Eiweiß bei warmer Witterung sich massenhaft vermehrenden Verticellen kapseln sich beim Austrocknen des Nährbodens ein und bleiben, wie bereits erwähnt, in diesem eingekapselten Zustande lange lebensfähig. Im Cystenzustande gelangen sie in die Luft und aus dieser auf und in den Körper von Menschen und Tieren. Im steril aufgefangenen Regenwasser fand sie Lindner in der wärmeren Jahreszeit in der Gegend von Kassel. Wiewohl gegen Säuren sehr empfindlich, vermögen sie doch den Magen zu passieren. Lindner fand sie entwickelungsfähig in den Faeces von gesunden und kranken Menschen, sowie im Darminhalte von Schweinen. Ferner wies er sie nach in Zopfbildungen an den Mähnen von Pferden, außerdem aber in Ekzemen der Kopfhaut beim Menschen. Diese Befunde veranlaßten Lindner,

Uebertragungsversuche mit vorticellenhaltigem Wasser auf Tiere vorzunehmen. Bei zwei Kaninchen schlugen dieselben fehl. Bei einem Mops dagegen, welchem er diese Flüssigkeit auf einer Brandnarbe gebracht hatte, entwickelte sich starkes Hautjucken nach 14 Tagen. An den Stellen des stärksten Juckens am Rücken ließen sich ganze Büschel von lose sitzenden Haaren ausziehen, und diese Haare enthielten encystierte Vorticellen. Auch in exstirpierten geschwollenen Lymphdrüsen fanden sich zahlreiche entwickelungsfähige Vorticellencysten. Bei zwei Kindern, welche mit dem Versuchstiere in nahe Berührung gekommen waren, entwickelte sich ein stark juckender ekzematöser Bläschenausschlag, in welchem gleichfalls lebensfrische Vorticellen nachweisbar waren. Durch Quecksilberpräparate (weiße Präcipitatsalbe und 1 $^0/_{00}$ Sublimat) konnte die Affektion leicht beseitigt werden. Von anderer Seite sind die Untersuchungen Lindner's bisher noch nicht bestätigt worden.

1) **Louis Pasteur**, *La théorie des germes et ses applications à la médecine*, *Bullet. de l'Académ. de méd.* 1878.
2) **Macé**, *Annales d'hygiène publique et de méd. legale* 1887, *Tome XVII.*
3) **Emerich Ullmann**, *Die Fundorte der Staphylokokken*, *Z. f. H.* (1888) 4. *Bd.* 55.
4) **Joseph Tils**, *Bakteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswässer*, *Z. f. H.* (1890) 9. *Bd.* 282.
5) **Passet**, *Untersuchungen über die Aetiotogie der eiterigen Phlegmone des Menschen*, *Berlin* 1885.
6) **Heydenreich**, *Das Pende'sche (tropische) Geschwür*, *Ausgabe der Haupt-Militär-Medizinal-Verwaltung*, *St. Petersburg* 1888 (*russisch*), *ref. im C. f. B.* (1889) 5. *Bd.* 163 *u.* 213.
7) **Landmann**, *Ueber das Vorkommen virulenter Streptokokken (Streptococcus longus) im Trinkwasser*, *Deutsch. med. Wochenschr.* (1893) 19. *Bd.* 700.
8) **R. Pasquay**, *Ueber pathogene Bakterien im Münchener Kanalwasser*, *Forschungsberichte über Lebensmittel und ihre Beziehungen zur Hygiene* (1895) 126, *ref. in C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 889.
9) **G. Lindner** (*Kassel*), *Die künstliche Erzeugung von Hautkrankheiten am Tierkörper durch eine spezifische Protozoenart*, *Monatshefte f. pr. Derm.*, 16. *Bd.* *No.* 1, 1. *Jan.* 1893, *ref. Hyg. Rdsch.* (1893) 3. *Bd.* 303.

Eine wesentliche Bedeutung kommt dem Wasser noch zu bei der Entstehung und Verbreitung einer wichtigen Tierkrankheit, beim Milzbrand.

## M. Milzbrand.

Zur Verbreitung des Milzbrandes unter Schafen, Rindern und Pferden kann nach den bisher vorliegenden epidemiologischen Erfahrungen das Wasser zweifelsohne beitragen, aber nur ein einziger Fall ist in der Litteratur verzeichnet, in welchem der Nachweis des Milzbranderregers in dem verdächtigen Wasser gelungen ist. Auf einem Gute in Südrußland, berichtet Diatroptoff[1], war eine Milzbrandepidemie in einer Hammelherde ausgebrochen. Die Tiere wurden sofort auf ein anderes Gut gebracht und die Hammelstallung desinfiziert und mit neuer Erde versehen. Kaum waren die Tiere in die alte Stallung zurückgebracht, so begann die Epidemie von neuem. Dieselben Desinfektionsmaßregeln wurden sorgsam wiederholt, indessen ohne Erfolg, da nach der Rückkehr die Seuche wiederum unter den Tieren ausbrach. Der Eigentümer kam nun auf den Gedanken, daß das Wasser eines schmutzigen Flachbrunnens die Ursache sein könnte. Er sandte eine Probe davon an die bakteriologische Station in Odessa. Indessen das Ergebnis der Untersuchung war ein negatives. Dia-

troptoff ließ sich darauf eine Schlammprobe aus dem Brunnen und Erdproben aus dem Stalle schicken. 200 g jeder Probe wurden nach Pasteur's Methode 6 mal mit je 280 ccm Wasser gewaschen, das erste Waschwasser wurde weggeschüttet, die übrigen ließ man absetzen. Der Bodensatz wurde auf 90° während 20 Minuten erhitzt und in Gelatine ausgesät. In zwei Schalen, welche mit Schlammmaterial besät waren, zeigten sich milzbrandähnliche Kolonien, welche sich bei näherer Prüfung als aus echten Milzbrandbacillen bestehend herausstellten. Nach Zuschüttung des Brunnens kamen neue Erkrankungen nicht vor. Es waren mithin auf irgend eine Weise Milzbrandsporen in den Brunnen gelangt, welche dann, wenn der Schlamm des flachen Brunnens aufgerührt wurde, sich dem Trinkwasser der Schafe beimischten.

Sehr vielfach sind Milzbrandepidemien beobachtet in Niederungen, auf Ueberschwemmungen ausgesetzten Weideplätzen. Vermutlich ist das Wasser nur das Medium, durch welches die an den Rändern der Wasserläufe unter günstigen Bedingungen gebildeten Sporen auf die Weiden verschleppt werden. Das Wachstum erfolgt nach Koch wahrscheinlich nur in sozusagen natürlichen Infusen von Pflanzenteilen, namentlich Gräsern gewisser Art, welche sich an von Wasser bedeckt gewesenen Stellen, in Tümpeln z. B., bilden können. In Aufgüssen gewisser feinerer Grassorten sah Koch die Milzbrandbacillen wachsen und auch Sporen bilden. Die Bodenart scheint von einem gewissen Einflusse zu sein insofern, als möglicherweise durch einen Kalkgehalt des Bodens die schwach saure Reaktion der natürlichen Infuse in die für die Milzbrandbacillen günstigere neutrale umgewandelt werden kann. Die überaus widerstandsfähigen Sporen bleiben im Wasser lange Zeit lebensfähig (s. Kap. VII, 3).

Praktische Bedeutung dürfte nur der Nachweis von Anthrax-Sporen im Wasser beanspruchen können.

Die von Frankland[2] zu dem Behufe angewandte Methode beruht auf der Widerstandsfähigkeit der Milzbrandsporen gegen höhere Temperaturen, welchen die in der Mehrzahl ja sporenlosen Wasserbakterien schnell erliegen. 1—3 ccm des zu untersuchenden Wassers werden nach Frankland mit 1 ccm steriler Bouillon vermischt, 2 Minuten auf 90° erhitzt und dann in Platten ausgegossen. Nur wenige Wasserkeime widerstehen; die aus den Anthraxsporen sich entwickelnden Kolonien sind leicht als solche erkennbar. Milzbrandsporenhaltiges Themsewasser mit 100000 saprophytischen Keimen im ccm lieferte, 5 Minuten auf 50° erhitzt, pro ccm nur 35—39 Kolonien, darunter mehrere als Milzbrandkolonien erkennbar, 2 Minuten auf 70° C. erhitzt, nur noch 10—30 Kolonien, darunter 4—10 Milzbrandkolonien, und 2 Minuten auf 90° erhitzt, nur 7—10 Kolonien, wovon 3—6 Milzbrandkolonien waren.

Den Nachweis vereinzelter Milzbrandsporen würde man ev. auch in der Weise erbringen können, daß man eine größere Menge des Wassers durch ein Porzellanfilter filtrierte und den Rückstand für Milzbrand empfänglichen Tieren, Meerschweinchen oder Mäusen, subkutan injizierte.

1) **Diatroptoff**, *Bactéries charbonneuses dans la vase du fond d'un puits*, *Ann. Past.* (1893) *7. Bd.* 286.

2) **Percy Frankland**, *Experiments on the Vitality and Virulence of Sporiferous Anthrax in potable waters*, *Proc. Roy. Soc.* (1892) 192; **Percy** *and* **G. C. Frankland**, *Microorganisms in water*, *London* **1894**, **283**.

## N. Andere Tierkrankheiten.

Ob bei der Uebertragung und Verbreitung anderer Infektionskrankheiten von Warmblütern das Wasser eine wesentliche Rolle spielt, ist noch nicht näher festgestellt.

Ueber die Möglichkeit einer von Brunnenwasser ausgehenden Hühnercholera-Epizootie hat Schönwerth[1] auf Anregung v. Pettenkofer's eingehende experimentelle Untersuchungen angestellt. Die Hühnercholerabakterien vermögen, ohne durch den normalen sauren Magensaft in ihrer Fortpflanzungsfähigkeit und Virulenz Abbruch zu erleiden, vom Darm aus die Epitheldecke durchbohrend, ihre Wirkung zu entfalten. Schönwerth infizierte einen Brunnen von etwa 200 l Wassermasse mit enormen Mengen von virulenten Reinkulturen, so daß in jedem Tropfen Wasser viele Tausende von Keimen vorhanden waren. Keines der gefütterten Tiere, Tauben und Hühner, erkrankte, wiewohl die Infektiosität des Wassers bei Injektion kleinster Mengen desselben eine große war. Er gelangte deshalb zu der Ansicht, daß die Möglichkeit, mit natürlichem, mit Hühnercholera infiziertem Wasser durch Verfütterung bei Hühnern und Tauben Hühnercholera hervorzurufen eine problematische sei und nur dann gegeben sein könnte, wenn Bacillenmassen in Anwendung kämen, die weitaus größer seien, als daß sie in der Natur erreicht werden könnten.

Weitergehende Schlüsse bezüglich anderer Tierkrankheiten gestatten natürlich die Untersuchungen Schönwerth's nicht. Es ist durchaus nicht ausgeschlosseu, daß bei Krankheiten, wie z. B. bei der Schweinecholera, der Schweinepest, dem Schweinerotlauf, infiziertes Wasser eine gewisse Rolle spielen kann.

Daß unter den Wasserbewohnern selbst durch bestimmte in das Wasser gelangte oder in demselben massenhaft zur Vermehrung gekommene Infektionserreger schwere Epidemien entstehen können, ist bekannt.

Vielfach hat man beobachtet, daß Fluß- und Seefische, Lachse, Forellen, Schleie, Goldfische, Aale u. s. f., durch gewisse, infolge von Verunreinigungen der betreffenden Gewässer mit organischen Substanzen stark entwickelte niedere Pilze, welche sich auf den Kiemen ansiedeln oder die Oberfläche der Tiere in Form eines weißen Flaumes überziehen, massenhaft vernichtet sind. Ebenso werden auch die Eier der verschiedenen Spezies befallen. Als die betreffenden Erreger sind verschiedene Saprolegniaceen erkannt.

Auch bakterielle Infektionen sind mehrfach beobachtet. So fanden Forel und du Plessis im Frühjahr 1867 und 1868 bei einer typhusartigen Seuche unter den Barschen des Genfer Sees und einiger einmündender Bäche im Blute der zu Hunderttausenden sterbenden Fische bewegliche und bewegungslose Bakterien.

Ernst[2] beschrieb als Ursache der Frühlingsseuche der Frösche einen bestimmten, scharf charakterisierten Bacillus, ebenso konstatierten Emmerich und Weibel[3] als Ursache einer in einer Forellenzüchterei ausgebrochenen Seuche, einer epidemischen Furunkulose mit Ausgang in Septiko-Pyämie, eine bestimmte Bakterienart, einen dem Typhusbacillus in der Form ähnlichen, aber etwas dünneren, häufig in Doppelstäbchen auftretenden Bacillus, dessen Reinkultur ihnen gelang. Die Kolonien desselben in der Gelatine waren besonders charakte-

ristisch. Die weißlich-gelblichgrauen, schuppen- oder rosettenförmige Zeichnung bietenden Kolonien verflüssigen langsam die Gelatine, die verflüssigte Gelatine verzehrt sich, sodaß die Kolonien als weißliche Pünktchen am Grunde einer Luftblase liegend erscheinen. Durch Einbringen von Reinkulturmaterial dieser Bakterien in Wasser vermochten sie den Nachweis zu führen, daß der Infektionsstoff auch ohne direkte Einimpfung aus dem Wasser aufgenommen werden konnte.

Von N. Sieber[4] ist ein Bacillus piscicidus agilis benannter Organismus als Ursache einer Fischepidemie gefunden worden, welcher im Laboratorium von Nencki in einem Aquarium im Laufe zweier Tage 30 Fische zum Opfer fielen. Derselbe wurde aus den Fischen und dem Aquariumwasser isoliert. Er bildete in Gelatine graue bez. gelbliche verflüssigende, in 3 konzentrischen Kreisen angeordnete Kolonien, auf Kartoffeln gelbe, bräunliche, perlenschnurähnliche Flecken, vermehrte sich in Brunnen- und Flußwasser nicht, behielt aber darin monatelang seine Virulenz.

Als Ursache der zur nahezu gänzlichen Vernichtung der Krebse in manchen Gewässern führenden Krebsseuche ist in Krain von J. Hubad ein von ihm Staphylococcus viridi-flavus benannter Organismus erkannt worden. Wie v. Gerl[5] mitteilt, wurde derselbe zuerst auf Cyklopen aufgefunden. Durch infizierte Cyklopen, sowie auch durch Reinkulturen ließ sich der Pilz auf andere gesunde Tiere, sowie auch auf Krebse leicht übertragen. Durch Einhängen von Büscheln der Spiraea ulmaria in das Gewässer soll der Pilz erfolgreich bekämpft werden. Die Pflanze enthält Salicylaldehyd, welcher, durch das Wasser ausgelaugt, die Pilze vernichten soll (?).

Aber nicht nur Bakterien, auch andere in Wassern vorkommende Mikroorganismen, Protozoen, Gregarinen u. dgl. sind an den Erkrankungen der Wasserbewohner beteiligt[6].

1) **Arnulf Schönwerth**, *Ueber die Möglichkeit einer von Brunnenwasser ausgehenden Hühnercholera-Epizootie*, *A. f. H.* (1892) 15. *Bd.* 61.
2) **Ernst**, *Die Frühlingsseuche der Frösche und ihre Abhängigkeit von Temperatureinflüssen*, *Beiträge zur patholog. Anatomie und allgemeinen Pathologie* (1890) 8. *Bd.* 203.
3) **R. Emmerich** *und* **E. Weibel**, *Ueber eine durch Bakterien erzeugte Seuche unter den Forellen*, *A. f. H.* (1891) 21. *Bd.* 1.
4) **N. Sieber**, *Zur Frage nach dem Fischgifte. Bacillus piscicidus agilis, krankheitserregender Schmarotzer der Fische*, *Gazeta lekarska* (1895) *No.* 13, 14, 16, 17, *ref. in C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 888.
5) **v. Gerl**, *Die Krebsseuche, Forschungen über die Ursache und Bekämpfung der Krebsseuche in Krain*, *Wien. landw. Zeitung* (1895) 95, *ref. in C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 489.
6) **Hofer**, *Eine Salmoniden-Erkrankung*, *Allg. Fischereizeitung* 1893 *No.* 11, *cit. nach Emmerich und Weibel.*

---

## VII. Verhalten der pathogenen Bakterien im Wasser. Experimentelle Studien darüber.

Von hervorragender Bedeutung für die Lehre von der Verbreitung von Krankheitskeimen durch das Trinkwasser ist die Beantwortung zweier Fragen:

1) Sind die pathogenen Organismen, welche in Wasser hineingelangen, imstande, sich in demselben zu vermehren? und

2) Falls eine Vermehrung nicht stattfindet, wie lange bleiben die pathogenen Organismen im Wasser lebensfähig, und findet eine allmähliche Abnahme der Virulenz der pathogenen Bakterien bei ihrem Aufenthalte im Wasser statt?

Die Beantwortung dieser Fragen involviert die Entscheidung der Frage, wie lange bleibt ein Wasser, in welches infektiöse Keime hineingelangt sind, infektionstüchtig, und wie lange Zeit nach der stattgehabten Infektion kann man erwarten, die betreffenden Keime noch darin auffinden zu können.

Eine nicht geringe Zahl von Forschern hat sich die Bearbeitung dieser Fragen angelegen sein lassen, so Wolffhügel und Riedel[1], Bolton[2], Heraeus[3], P. und G. Frankland[4], Hüppe[5], Hochstetter[6], Kraus[7], Karlinski[8], Maschek[9], Uffelmann[10], Gärtner[11], Di Mattei und Stagnitta[12], Braem[13], Strauß und Dubarry[14], Slater[15] u. A. Percy und Grace Frankland haben in ihrem trefflichen Werke: Microorganisms in water die in der Litteratur zerstreuten Angaben in Tabellen zusammengestellt. Wenn man die Ergebnisse der verschiedenen Forscher miteinander vergleicht, so findet man, daß dieselben keineswegs unter sich übereinstimmen.

Ein anderes Resultat war auch gar nicht möglich, denn die Zahl der Momente, welche auf die Entwickelungsfähigkeit bez. die Erhaltung der Lebensfähigkeit der pathogenen Organismen im Wasser von Einfluß sind, ist, wie sich aus den zahllosen Untersuchungsreihen ergeben hat, eine sehr große. Es kommen dabei in Betracht:

1) die Qualität der in die Wässer eingesäten Bakterien, Herkunft und Alter derselben, sowie die eingebrachte Quantität,

2) die Beschaffenheit des Wassers, d. h. der Gehalt desselben an gelösten und suspendierten organischen und unorganischen Bestandteilen, im besonderen an geeigneten Nährstoffen,

3) die Gegenwart anderer Mikroorganismen bez. von deren Stoffwechselprodukten,

4) die Temperatur des Wassers,

5) die Ruhe und die Bewegung des Wassers, und endlich

6) die gleichzeitige Einwirkung von Licht und Luft.

Daß die Qualität der in die Wässer eingebrachten pathogenen Bakterien von Einfluß auf ihr Verhalten im Wasser sein wird, ist leicht verständlich.

Es wird durchaus nicht gleichgiltig sein, ob man eine frische, 24 Stunde alte, aus vollkräftigen Individuen bestehende Kultur wählt, oder eine ältere Kultur, welche bereits zahlreiche abgeschwächte, dem Absterben nahe Individuen enthält, ob man ferner eine Kultur wählt, welche längere Zeit bei Zimmertemperatur im Laboratorium fortgezüchtet ist, oder eine solche, welche frisch aus dem menschlichen oder tierischen Körper gewonnen ist, ob man eine Gelatine-, eine Agar-, Blutserum- oder Kartoffelkultur benutzt oder eine Bouillonkultur u. dergl. mehr.

Daß auch die Quantität von Bedeutung sein muß, erhellt daraus, daß unter einigen Millionen von Keimen sehr viel eher einzelne besonders widerstandsfähige Individuen vorhanden sein werden als unter einigen Dutzenden oder Hunderten derselben. Zudem ist es ja sehr wohl möglich, daß bei Einbringung einer sehr großen Zahl

von Individuen die Leiber der schnell abgestorbenen den in ihrer Vitalität erhaltenen als Nahrungsmaterial dienen können.

Daß die Beschaffenheit des Wassers in chemischer Beziehung einen maßgebenden Einfluß haben würde, schien anfangs allen mit der Frage beschäftigten Forschern als selbstverständlich. Es konnte durchaus nicht irrelevant sein, ob ein Wasser einen hohen oder niederen Kalkgehalt, Kochsalzgehalt, Gehalt an organischen Stoffen hatte, allein die Erfahrung lehrte sehr bald, daß die nach den gebräuchlichen Methoden festgestellte chemische Zusammensetzung des Wassers weder seinen Gehalt an Mikroorganismen überhaupt, noch sein Verhalten zu pathogenen, in dasselbe eingeführten Organismen maßgebend beeinflußt. Wässer der verschiedensten Zusammensetzung erwiesen sich häufig als gleichwertig. Hin und wieder aber fand man denn doch Wässer, welche ein abweichendes Verhalten von dem ganz ähnlich zusammengesetzter Wässer zeigten, welche die pathogenen Organismen besser konservierten als jene, oder gar deren Vermehrung gestatteten. Es mußten doch wohl bestimmte Körper in diesen vorhanden sein, welche ihnen diese begünstigenden Eigenschaften verliehen, Körper, welche aber nicht chemisch greifbar sich erwiesen, weil sie in zu geringer Menge in den Wässern enthalten oder aber mit den üblichen Methoden nicht nachweisbar waren.

Die wichtige Rolle suspendierter Bestandteile in den Wässern als Nahrungscentren für manche Organismen ist von R. Koch nachdrücklichst betont worden.

Die Gegenwart anderer Organismen ist vielfach als ein wichtiger Faktor erwiesen. Wir wissen, daß manche Bakterienarten sich in reinen, an organischem Material armen Wässern stark vermehren können. Wir wissen andererseits auch, daß manche Bakterien gewissermaßen als Antagonisten wirken gegenüber anderen, namentlich auch pathogenen. Die Stoffwechselprodukte bestimmter Organismen befördern das Gedeihen der einen Art, verhindern die Entwickelung anderer Arten. Die Anwesenheit gewisser Nährmaterialien giebt zur massenhaften Entwickelung bestimmter Arten Anlaß, welche dann ausschließlich das Terrain beherrschen und andere unterdrücken. In stagnierenden Wässern sehen wir häufig eine Mikroorganismenart die andere ablösen, je nach den sich herausbildenden Veränderungen, welche das Substrat durch die Thätigkeit der jeweils überwiegenden Organismenart erfährt. In Brunnen oder abgeschlossenen Wassermassen werden sich bei dem Hineingelangen von pathogenen Organismen zugleich mit allen möglichen Dejekten derartige Veränderungen besonders häufig entwickeln, in Wasserläufen mit schnellerer Strömung aber nicht. Es wird daher durchaus nicht dasselbe sein, ob man pathogene Organismen in ein Reagenzglas oder in einen Kolben oder in einen Brunnen mit Wasser bringt, oder ob man sie in lebhaft strömendem Wasser beobachtet.

Die Temperatur wird von größter Bedeutung sein, wenn es sich darum handelt, zu konstatieren, ob ein pathogener Organismus in einem Wasser zu wachsen, sich zu vermehren imstande ist oder nicht. Hält man die Wasserprobe bei Temperaturen, welche unterhalb der unteren Temperatur-Wachstumsgrenze des betreffenden Organismus liegen, so wird man natürlich ein Wachstum nicht erwarten können. Viele Brunnen liefern, wenn sie eine gewisse Tiefe haben, Wasser von einer konstanten niedrigen, für die Entwickelung patho-

gener Organismen durchaus ungeeigneten Temperatur. Bei anderen, den Flachbrunnen, folgt die Temperatur des Wassers der äußeren Temperatur. Das Wasser kann daher zu gewissen Zeiten sehr gut geeignet sein für die Entwickelung pathogener Keime, zu anderen aber nicht. Ebenso verhält es sich mit den Oberflächenwässern, den Wässern aus Teichen, Seen, Flüssen. Ein Wasser, in welchem bei niedriger Temperatur pathogene Keime schnell zu Grunde gehen, kann daher bei höherer Temperatur sich als geeignet für die Vermehrung derselben Keime erweisen.

Da, wie wir später sehen werden, das Licht an sich, besonders das direkte Sonnenlicht, schädigend auf das Protoplasma vieler Bakterien einwirkt, da ferner bei Zutritt von Luft zum Wasser sich unter dem Einflusse des Lichtes oxydierende, schädigende Körper entwickeln, so können die Ergebnisse verschiedener Untersucher sehr verschieden ausfallen, je nachdem die einen ihre Versuchswässer dem Licht ausgesetzt während die anderen sie im Dunkeln gehalten haben.

Alle die erwähnten für das Verhalten der Mikroorganismen in den Wässern wichtigen Momente können in so überaus mannigfaltiger Weise variieren, daß kaum jemals zwei Forscher unter gleichen Bedingungen gearbeitet haben werden.

Die Ergebnisse der einzelnen Versuche können unbestreitbar richtig sein, wenn verschiedene Forscher unter anscheinend gleichen Versuchsbedingungen gearbeitet, aber doch verschiedene Ergebnisse erzielt haben. Aus einzelnen positiven oder negativen Versuchsergebnissen, welche in bestimmten Fällen gewonnen sind, bestimmte für die Praxis allgemein giltige Gesetze über das Verhalten der pathogenen Mikroorganismen in den Wässern herleiten zu wollen, geht daher nicht an.

Auch die unter „natürlichen“ Verhältnissen in natürlichen Wässern angestellten Versuche gestatten weitergehende Schlüsse noch nicht, weil die Zahl dieser Versuche bisher eine verhältnismäßig geringe ist. Immerhin aber haben sie beachtenswertes Material geliefert zur Kenntnis des Verhaltens der pathogenen Bakterien in den Wässern.

Die in destilliertem Wasser angestellten Versuche sollten Aufschluß darüber geben, wie das Wasser an sich, ohne irgend welche Beimengungen auf die lebenden pathogenen Bakterien wirkt. Sie hätten eine wissenschaftliche Bedeutung gewinnen können, indem sie zur Erkennung derjenigen Momente Anlaß gegeben hätten, welche in den natürlichen Wässern begünstigend oder schädigend, abgesehen von dem Wasser, die Vitalität jener Organismen zu beeinflussen vermögen. Leider aber gehen auch bei den Versuchen mit destilliertem Wasser die Ergebnisse ebenso weit auseinander, wie bei den Versuchen mit natürlichen Wässern der verschiedensten Art, sei es daß sie sterilisiert oder nicht sterilisiert geprüft worden sind.

Es scheint, daß gerade bei diesen Versuchen die Menge und die Qualität der eingebrachten Keime, namentlich aber die gleichzeitige Einsaat einer geringen, anscheinend ganz bedeutungslosen Menge von Nährmaterial die Differenzen bedingt hat.

Auch die Methode des Nachweises des Vorhandenseins lebensfähiger Keime kann hierbei eine Rolle gespielt haben. Die Mehrzahl der Forscher hat von Zeit zu Zeit Proben des infizierten Wassers entnommen und diese in Nährgelatine oder in Nährflüssigkeiten ausgesät. Wenn nur noch vereinzelte lebende Keime in dem gesammten

Flüssigkeitsquantum vorhanden waren, so konnte zufällig in der entnommenen Menge ein solcher lebender Keim nicht enthalten sein. Strauß und Dubarry[14] verfuhren deshalb so, daß sie eine ganze Reihe von Kolben mit sterilisiertem Wasser mit einer minimalen Menge des zu prüfenden Organismus versetzten und nun nach Ablauf verschiedener Zeiten je einen Kolben durch Zusatz von sterilisierter Bouillon in einen geeigneten Nährboden verwandelten und diese Mischung bei 20 oder bei 35° hielten. War in dem Kolben nur noch ein einziger entwickelungsfähiger Keim vorhanden, so vermehrte sich derselbe jetzt. Bestanden Zweifel über die Identität der gewachsenen Organismen, so prüften sie dieselben weiter mittels der Plattenmethode. Die bei diesem Verfahren gewonnenen Zahlen für die Lebensdauer zahlreicher Organismen im sterilisierten destillierten Wasser und im sterilisierten Ourcq- und Vanne-Wasser sind meist viel höher als die Zahlen anderer Forscher, welche mittels der anderen Methode die Lebensdauer derselben Organismen festgestellt haben. Bei der Prüfung des Verhaltens der pathogenen Organismen in nicht sterilisierten Wässern ist unzweifelhaft die Methode des Nachweises an der Verschiedenheit der Ergebnisse mit beteiligt gewesen. Das Herausfinden einzelner Kolonien der pathogenen aus der Unsumme der saprophytischen ist, wie wir bereits gesehen haben, überaus schwierig und unsicher. Die Anwendung der besonderen Methoden, welche im Laufe der Zeit zum Nachweise bestimmter Organismen erarbeitet worden sind, mußte natürlich zu anderen Zahlen führen als die einfache Plattenmethode. Bei dem Nachweise der Typhusbacillen in nicht sterilisierten Wässern haben gewiß Verwechselungen mit typhusähnlichen Bakterien häufig die Ergebnisse beeinflußt. Ein gewisses Mißtrauen erscheint daher manchen Angaben gegenüber wohl berechtigt.

In ganz eigenartiger Weise haben di Mattei und Stagnitta[12] die Schwierigkeiten, welche bei der Verwendung natürlicher, nicht sterilisierter Wässer erwachsen, zu überwinden gewußt. Sie sind auch die einzigen Experimentatoren, welche sich die Aufgabe gestellt haben, das Verhalten der pathogenen Organismen im strömenden Wasser zu studieren. Sie bedienten sich kleiner Seidenfädchen von 3 cm Länge, welche sie mit Aufschwemmungen von frischen 2—3 Tage alten Agarkulturen in sterilisiertem destilliertem Wasser tränkten und dann mittels Wollenfäden in 2—3 cm weiten und 30 cm langen Glasröhren befestigten. Die mit durchlochten Gummipfropfen versehenen Glasröhren verbanden sie durch Kautschukröhren mit dem Hahn der Wasserleitung der Acqua Marcia in Rom. Durch mehr oder weniger starkes Aufdrehen des Hahnes konnten sie die Kraft der Strömung nach Belieben regeln. Sie entnahmen dann täglich Fäden und brachten dieselben in Nährgelatine bez. unter die Haut empfänglicher Tiere. Ebenso verfuhren sie mit den zur Kontrolle trocken aufbewahrten Fäden. Auch fein verriebene Organstücke von Tieren, welche einer Milzbrandinfektion erlegen waren, setzten sie dem strömenden Wasser aus, indem sie dasjenige Ende des Glasrohres, aus welchem das Wasser ausfloß, mit einem durchlochten Kautschukstopfen verschlossen und das Glasrohr selbst mit Glasfragmenten füllten, in deren Poren die Organteilchen hängen blieben.

Zu gleicher Zeit machten sie mit denselben Bakterienarten Versuche in stagnierendem Wasser. 2 Liter fassende Wolff'sche

Flaschen füllten sie mit Wasser aus der gleichen Leitung, warfen die mit den Bakterien getränkten Seidenfäden hinein und hielten sie wohl bedeckt unter dem Strahle der Leitung, um ihre Temperatur konstant zu erhalten. Mit den Tag für Tag aus diesen Flaschen entnommenen Proben verfuhren sie in derselben Weise wie mit den im strömenden Wasser gehaltenen. Durch eine genaue bakteriologische Untersuchung überzeugten sie sich, daß die in dem Wasser enthaltenen Organismen keine Analogien darboten mit den studierten pathogenen Keimen.

Der Uebersichtlichkeit wegen nehmen wir das Ergebnis dieser Versuche vorweg. Es ist enthalten in nachstehender Tabelle:

| | fliefsendes Wasser | | stagnierendes Wasser | |
|---|---|---|---|---|
| | längste Lebensdauer in Tagen | | | |
| | Entwickelung | pathogenes Vermögen | Entwickelung | pathogenes Vermögen |
| Detritus milzbrandiger Organe | 6 | 6 | 3 | 3 |
| Fäden mit Milzbrandbacillen | 3 | 3 | 4 | 4 |
| ,, ,, ,, sporen | 120*) | 120 | 120 | 120 |
| ,, ,, Typhusbacillen | 4 | — | 13 | — |
| ,, ,, Rotzbacillen | 6 | — | 12 | 12 |
| ,, ,, Hühnercholerabacillen | 7 | 6 | 10 | 10 |
| ,, ,, Staphylococcus pyogenes aureus | 8 | 7 | 12 | 12 |
| ,, ,, Streptococcus pyogenes | 5 | 5 | 8 | 7 |

*) Länger dauerte der Versuch nicht.

Es hielten sich mithin die pathogenen Organismen länger im stagnierden als im fließenden Wasser, auch behielten sie bis zu ihrem Verschwinden ihre pathogenen Eigenschaften. Im fließenden Wasser, meinen di Mattei und Stagnitta, erfuhren sie vielleicht mechanische Insulte, welche ihr schnelleres Zugrundegehen veranlaßt haben könnten.

Wir wollen nunmehr die Ergebnisse, welche das Studium des Verhaltens der pathogenen Organismen in den Wässern zu Tage gefördert hat, näher erörtern.

## 1. Cholerabakterien.

Die Zahl der Untersuchungen über das Verhalten der Cholerabakterien im Wasser ist eine außerordentlich große.

In sterilisiertem destilliertem Wasser gehen sie, wie fast alle Beobachter übereinstimmend bekunden, innerhalb der ersten 24 Stunden zu Grunde, wofern reines Bakterienmaterial den Wasserproben zugesetzt wird. Außerordentlich geringe Mengen von Bouillon, gleichzeitig mit übertragen, sind imstande, ihre Lebensdauer ganz wesentlich, auf 7—14 Tage zu erhöhen. Gleichzeitiger Zusatz von Salz verlängerte sie bis auf 40 Tage (Maschek[9]).

In sterilisierten Brunnenwässern dagegen wurden die

Cholerabakterien sehr viel länger lebend gefunden. Die Angaben schwanken zwischen 2 Tagen und mehr als 7 Monaten (A. Pfeiffer[16]). Geringe Bouillonzusätze wirkten noch mehr begünstigend wie in destilliertem Wasser auf ihre Erhaltung, sodaß sie noch nach 382 und 392 Tagen lebend gefunden wurden (Hochstetter[6]).

Wolffhügel[1] und Riedel fanden übereinstimmend mit Frankland[4], daß die eingebrachten Keime sich anfänglich verminderten, dann aber deutlich vermehrten, um schließlich wieder langsam abzunehmen.

In sterilen Schmutzwässern wuchsen die Cholerabakterien kräftig, auch erhielten sie sich lange darin am Leben; sie konnten noch nach Wochen und Monaten (von Frankland z. B. nach 11 Monaten, von Riedel[17] sogar nach mehr als Jahresfrist) in solchen nachgewiesen werden.

Weniger sicher sind die freilich viel wichtigeren Angaben über das Verhalten der Cholerabakterien in nicht-sterilisierten Wässern. Da erst seit dem Jahre 1892 die sichere Peptonwasser-Methode zum Nachweis vereinzelter Cholerakeime inmitten von unzählbaren saprophytischen zur Anwendung gekommen ist, so können die älteren mit der Plattenmethode gewonnen Ergebnisse nicht als gleichwertig mit der neueren mittels der Peptonwassermethode erzielten angesehen werden.

Ueber das Verhalten der Cholerabakterien in natürlichen, niedrig temperierten Quell- und Brunnenwässern liegen eine Reihe von Angaben vor.

Großes Interesse erregten seiner Zeit die Untersuchungen von Kraus[7], welcher das Verhalten der Typhus-, Cholera- und Milzbrandbacillen in einem reinen Quellwasser, der Münchener Mangfallleitung, und in zwei Brunnenwässern bei der diesen Wässern eigenen Temperatur von 10,5° C. prüfte. In allen drei Wässern waren nach 24 Stunden schon die Cholerabakterien verschwunden, während die Wasserbakterien sich zu vermehren begannen.

| | Tag der Probeentnahme | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2. | 4. | 8. | 135 |
| **Mangfall** | 10 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Brunnen I** | 8 700 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| „ **II** | 9 420 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | **Wasserbakterien** | | | | |
| **Mangfall** | 30 | 400 | 70 000 | 140 000 | 2040 |
| **Brunnen I** | 80 | 900 | 80 000 | ∞ | 8100 |
| „ **II** | 250 | 2000 | 100 000 | ∞ | 4100 |

Drei von Gärtner[11] mit Quellwasser angestellte Versuche lieferten bei 11,5° C. dasselbe Resultat.

Karlinski[8], welcher das Verhalten der Choleravibrionen in 4 keimarmen Leitungswassern und in einem Brunnenwasser zu Innsbruck bei deren natürlicher Temperatur von 8° C. prüfte, konnte dieselben in 2 Versuchen am 3. und in einem Versuche am 4. Tage nicht mehr nachweisen.

Bobrow[19], welcher in einen Brunnen mit einer Temperatur von $^1/_2$—2° C. Cholerabakterien einbrachte, sodaß 21000 bez. 13900 Keime pro ccm Wasser vorhanden waren, fand, daß sie sehr schnell abstarben, daß sie nach 10 bez. 15 Stunden auf 1900 bez. 450 reduziert und nach 34 bez. 39 Stunden überhaupt verschwunden waren.

Daß es unrichtig war, auf Grund einiger weniger Versuche nun ganz allgemein ein mit Cholerabakterien infiziertes Trinkwasser als belanglos für die Verbreitung der Cholera hinzustellen, wie Kraus es getan hat, ist durch die späteren Versuche anderer Forscher, auch solcher, welche unter ähnlichen Bedingungen wie Kraus das Verhalten in nicht-sterilisierten Wässern studiert haben, zur Evidenz erwiesen. So berichtet z. B. Heider[20] über Versuche, welche teils von Gruber und v. Kerner, teils von ihm selbst über das Verhalten der Cholerabakterien in dem Wiener Hochquellwasser und im Donauwasser angestellt worden sind. Die Wässer wurden nicht-sterilisiert zu 200 ccm in Kolben mit Wattestopfen gebracht, mit einer geringen Menge einer Aufschwemmung von Choleravibrionen verschiedener Provenienz (Hamburg, Berlin, Budapest, Wien) infiziert und teils bei 10,5—10,8° C. „kalt", teils bei 18-23° C. „warm" aufbewahrt.

Die Cholerabakterien nahmen in dem Hochquellwasser konstant ab an Zahl, nach 4 Tagen wuchsen in Gelatineplatten nur noch vereinzelte Kolonien, dagegen war in Cholerabouillon reichliches Wachstum zu konstatieren. Nach 5 Tagen waren noch Hamburg und Budapest „kalt" in Bouillon gewachsen, nach 6 Tagen waren sie in keiner Probe mehr nachweisbar. In einem zweiten Versuche, bei welchem mit gut schließenden Glasstöpseln versehene Fläschchen von etwa 250 ccm Inhalt mit Hochquellwasser vollständig gefüllt und dann von einer 24-stündigen Agarkultur beschickt wurden, gelang der Nachweis der Cholerabakterien in allen bei 8,7—9,1° C. gehaltenen Proben mit Hilfe von Bouillonaussaaten nach 5 Tagen. Eine Verminderung der Virulenz war in den Kulturen Hamburg und Budapest nicht eingetreten, wie eine Infektion von 2 Meerschweinchen vom Magen aus ergab.

Bei einem dritten von Heider mit 300 ccm Hochquellwasser bei 6—9° C. angestellten Versuch wuchs Wiener Cholera in Bouillon nach 6 Tagen noch, nicht mehr nach 7 Tagen, Hamburger Cholera dagegen noch nach 7 Tagen, ohne daß die Virulenz der Kultur gelitten hatte.

R. Koch[21] aber teilt mit, daß in dem Wasser des Brunnens in Altona, welches zu der kleinen, oben S. 623 beschriebenen Choleraepidemie Anlaß gegeben hatte, die Cholerabakterien noch 18 Tage lebend nachgewiesen werden konnten. Die Probe war in einem Raume, der eine ziemlich gleichmäßige Temperatur von 3 bis 5° hatte, aufbewahrt worden. Dem Brunnen selbst später entnommene und untersuchte Wasserproben enthielten keine Cholerabakterien.

In nicht sterilisierten Teich- und Flußwässern, besonders wenn dieselben zum Trinkgebrauch filtriert sind, scheinen sich die Cholerabakterien länger zu halten als in Quellwässern. Aber auch hier schwanken die Angaben nicht unerheblich.

Babes[22] fand sie im Berliner Leitungswasser nach 7 Tagen lebend.

Douglas Cunningham[23] besäte in Calcutta Wasserproben aus „tanks" mit Cholerabakterien, welche in Salzlösungen suspendiert waren. In dem reineren Wasser konnte er sie mittels Agarausstrichen noch nach 4 Tagen, in dem unreineren nur nach 24 Stunden nachweisen.

Wolffhügel und Riedel[1] fanden bei der nach 20 Tagen erfolgten Untersuchung in einer allerdings geringen Zahl von nicht

sterilisierten Wässern aus Panke, Spree, Brunnen und Leitung mittels der Plattenmethode noch vereinzelte Cholerakeime.

Besonders erwähnenswert erscheint ein von Dunbar[24] Ende Mai 1893 angestellter diesbezüglicher Versuch. Dunbar suspendierte Choleravibrionen enthaltende Schleimflocken (wie viel?) in 4 Proben von je 3 l Hamburger Hafenwasser. In einer dieser Proben, die bei 37° C. aufbewahrt worden war, fanden sich bis zum 3. Tage Choleravibrionen, vom 4. Tage an nicht mehr. In der zweiten bei Zimmertemperatur und in der dritten bei 11° C. aufbewahrten Wasserprobe vermochte er die Choleravibrionen nach 16 Tagen noch in entwickelungsfähigem Zustande aufzufinden. Vom 17. Tage an gelang der Nachweis in beiden Fällen nicht mehr. In der vierten Probe, die dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt war, gelang der Nachweis der Choleravibrionen nur bis zum 7. Tage. Bei allen 4 Proben gestaltete sich der Nachweis von Tag zu Tag schwieriger, indem die Zahl der fremden Bakterien zunahm und diejenige der Cholerabakterien abzunehmen schien. Vom 5. Tage an zeigte die Mehrzahl der zur Entwickelung gekommenen Cholerakolonien atypisches Aussehen mit oft nahezu glattem Rande und mit grünlichem Schimmer, Abnahme der Granulierung und Auftreten von Liniierung. Sie gestalteten sich gerade so wie die in alten Stühlen gefundenen atypischen Kolonien.

A. Stutzer und R. Burri[25] versetzten je 200 ccm Rheinwasser und Leitungswasser mit 0,2 ccm zweier Cholerakulturen, welche einerseits in einer schwach alkalischen, 0,03 Proz. Natriumkarbonat und andererseits in einer stark alkalischen, 0,5 Proz. Natriumkarbonat enthaltenden Bouillon gezüchtet waren, und bewahrten sämtliche Proben bei einer mittleren Temperatur von 16° C. auf. Nach verschiedenen Tagen, zuerst nach 4 Tagen, wurde je 1 ccm des Wassers entnommen, in Peptonwasser, dem 0,1 Proz. Natriumkarbonat zugesetzt war, übertragen und 24 Stunden in den Brütapparat gebracht. Bei Zusatz von Schwefelsäure zeigten jetzt die Proben, welche aus den mit Cholerabakterien infizierten Wässern beschickt waren, schöne Rotreaktion; die Kontrollen dagegen nicht. Am 7. Tage versagte die Reaktion bei den Peptonkulturen aus den mit schwach alkalischer Cholerakultur infizierten Rheinwasserproben, am 11. Tage in der Kultur aus dem ebenso infizierten Leitungswasser und erst am 13. Tage bei den mit stark alkalischer Bouillonkultur infizierten Rhein- und Leitungswasserproben.

In einer alten, mit Cholerabakterien infizierten Rheinwasserprobe war der Nachweis derselben mittels Vorkultur in Peptonwasser und Indolreaktion noch nach 21 Tagen gelungen, während die Plattenmethode mit 0,3 Proz. Natriumkarbonat enthaltender Gelatine das Vorhandensein von Cholerabakterien nur bis zum 11. Tage zu konstatieren gestattet hatte.

Die außerordentlich lange Lebensdauer der Cholerabakterien in sterilisierten, an organischen Substanzen und Salzen reichen Brunnen-, Fluß- und Schmutzwässern ließ die Annahme nicht abwegig erscheinen, daß unter Umständen in der freien Natur diese Organismen sich noch erheblich länger in derartigen Wässern lebensfähig erhalten könnten, als bisher experimentell gefunden ist. „Ich kann mir wohl vorstellen", sagte Koch[26] bereits in seinem denkwürdigen Vortrage bei der ersten Konferenz zur Erörterung der Cholerafrage, „daß, wenn auch die Gesamtmasse des Wassers in einem Behälter zu arm an Nährsubstanz für das Ge-

44*

deihen der Bacillen ist, doch bestimmte Stellen die genügende Konzentration an Nährstoffen besitzen können, z. B. diejenigen Stellen, wo ein Rinnstein oder der Ablauf einer Abtrittsgrube in ein stehendes Gewässer einmündet, wo Pflanzenteile, tierische Abfallstoffe u. dergl. liegen und der Zersetzung durch Bakterien ausgesetzt sind. An solchen Punkten kann sich ein reges Leben entwickeln. Ich habe früher vielfach solche Untersuchungen gemacht, und es ist mir oft begegnet, daß ein Wasser fast gar keine Bakterien enthielt, während Reste von Pflanzen, namentlich Wurzeln oder Früchte, welche darin schwammen, von Bakterien, und zwar vorzugsweise Bacillen- und Spirillenarten, wimmelten. Selbst noch in der nächsten Umgebung solcher Objekte war das Wasser durch Bakterienschwärme getrübt, welche offenbar den durch Diffusion bis auf geringe Entfernung sich ausbreitenden Nährstoffen ihren Nahrungsbedarf entnahmen. . . . Also überall da, wo Wasser an der Oberfläche oder im Boden stagniert, in Sümpfen, in Häfen, welche keinen Abfluß haben, an Stellen, wo der Boden muldenförmig gestaltet ist, in sehr langsam fließenden Strömen u. dergl. können sich die geschilderten Verhältnisse entwickeln. Dort werden sich am leichtesten in der Umgebung tierischer und pflanzlicher Abfälle konzentrierte Nährlösungen bilden und den Mikroorganismen Gelegenheit zur Ansiedelung und Vermehrung bieten. Dagegen überall da, wo das Wasser sowohl an der Oberfläche wie im Boden in einer schnellen Strömung begriffen und einem steten Wechsel unterworfen ist, kann dieses Verhältnis weniger leicht oder auch gar nicht eintreten. Denn fortwährende Strömung verhindert, daß es zu einer für pathogene Bakterien ausreichenden Konzentration der Nährsubstanzen in der Flüssigkeit kommt.“

Wenn man diese von Koch geschilderten Verhältnisse berücksichtigt, so wird man anerkennen müssen, daß unter günstigen natürlichen Verhältnissen die Lebensdauer der pathogenen Bakterien sehr wohl eine längere sein kann, als sie bei den Laboratoriumsversuchen gefunden worden ist.

Die Versuche, welche neuerdings von Hoeber[27] angestellt sind, unter Bedingungen, welche sich möglichst den Bedingungen, welche die Cholerabakterien in der freien Natur, etwa in einem Sumpfe finden würden, annäherten, haben nicht besonders günstige Ergebnisse geliefert. Hoeber nahm 2 Aquarien von ca. 8 l Wasserinhalt, brachte in dieselben Mainsand etwa 2 Zoll hoch und Würzburger Leitungswasser und bepflanzte dieselben mit Wasserpflanzen. Das eine wurde bei 8° R. im Kalthause, das andere bei 15° R. im Warmhause aufgestellt derart, daß sie vor direktem Sonnenlicht geschützt waren. 5 Agarstrichkulturen wurden mit Wasser aufgeschwemmt, die Flüssigkeit mit sterilisiertem, destilliertem Wasser auf 100 ccm gebracht, durch Watte filtriert und auf beide Aquarien gleichmäßig verteilt. Tag für Tag wurden 50 ccm Wasser aus den Aquarien entnommen und mit 5 ccm einer alkalischen, 10 Proz. Pepton, 10 Proz. Kochsalz und 3 ccm Normalnatronlauge enthaltenden Lösung versetzt, 24 Stunden bebrütet und dann weiter untersucht. In dem bei 8° R. gehaltenen Aquarium konnten die Cholerabakterien 10 Tage lang, in dem bei 15° R. gehaltenen nur 9 Tage nachgewiesen werden. Die Rotreaktion der Wasserproben verschwand nach 8 bez. 7 Tagen. Mit einem solchen Aquariumversuche ist natürlich die Frage nach dem Verhalten der Cholerabakterien in Schmutz- oder Sumpfwässern

ebensowenig erledigt wie seiner Zeit durch die Versuche von Kraus die Frage nach ihrem Verhalten in Quell- und Brunnenwässern. Die Möglichkeiten, welche die Natur bietet, sind so mannigfaltig, so überaus verschiedenartig, daß man die verschiedenartigsten Modifikationen der Versuchsanordnung zu Hilfe nehmen muß, wenn man ihnen einigermaßen Rechnung tragen will.

Zu wesentlich anderen Ergebnissen gelangte denn auch in neuester Zeit Wernicke[28] bei einem ähnlichen Aquariumversuche.

Auf den Boden eines größeren gläsernen Aquariums von 40 cm Länge, 28 cm Breite und 30 cm Höhe wurde 6 cm hoch Erde gebracht, wie sie zum Gedeihen von Wasserpflanzen unserer heimischen Gewässer geeignet war. Der Boden wurde bepflanzt mit folgenden Wasserpflanzen: Elodea canadensis, gemeine Wasserpest; Ceratophyllum demersum, Hornkraut; Ranunculus lingua, zungenförmiger Hahnenfuß; Nuphar luteum, gelbe Nixblume; Hottonia palustris, Wasserfeder; Callitriche vernalis, Frühlingswasserstern; Fontinalis antipyretica, feinblätterigen zartes Quellmoos; Stratiotes aloides (schwimmend) Wasseraloë; Trapa natans, Wassernuß.

Während des Anpflanzens wurde allmählich nicht sterilisiertes Berliner Leitungswasser hinzugegeben, sodaß das Niveau des Wassers schließlich 18 cm über dem Erdboden des Bassins stand und ca. 20 l Wasser im Bassin vorhanden waren.

Als größere tierische Anwohner wurden dann ein Zwergstichling (Gasterosteus pungitius), zwei Ellrizen (Phoxinus laevis), vier Posthornschnecken, zwei Sumpfschnecken, zwei Ohrmuschelschnecken und zwei Wasserspinnen in das Aquarium gebracht. Das Bassin wurde mit einer Glasplatte bedeckt aufgestellt. Die Zahl der Keime im zugeführten Leitungswasser betrug 300—400, im Aquarium nach dem Absetzen 43200—59000 per ccm. Spirillen und choleraähnliche Vibrionen waren nicht darin enthalten.

Am 19. Dezember 1893 wurde von einer 18-stündigen wachstumskräftigen und für Tiere pathogenen Cholerakultur 1 ccm Agaraufschwemmung, welche etwa 5 Milliarden Keime enthielt, tropfenweise an verschiedenen Punkten in das Bassin gebracht. Jeder Tropfen wurde von den Fischen umspielt, welche sodann für eine innige Verteilung der Keime sorgten. Das Aquarium stand in einem Zimmer des hygienischen Institutes. Bei Tage, während der Heizung, schwankte dessen Temperatur zwischen 12—24°, Nachts sank dieselbe im Winter mehrfach auf sehr niedrige Wärmegrade. Von Dezember bis Februar stand es in der Nähe des Fensters, ebenso von Mitte März an. Diffuses Tageslicht und ab und zu direktes Sonnenlicht drang ungehindert in das Bassin ein.

Schon 3 Tage nach dem Zusatze der großen Menge von Cholerabakterien waren mittels des Gelatineplattenverfahrens Cholerakolonien nicht mehr aufzufinden. Von Dezember bis Mitte Januar wurden deshalb alle 4 Tage, später nur alle 8 Tage und dann nur noch alle 14 Tage bis 3 Wochen bis in den Mai 1894 hinein Proben des Wassers von je 50 ccm mit Hilfe des Peptonwasseranreicherungsverfahrens untersucht.

Am 20. Januar, 13. Februar und 16. März 1894 — also fast drei Monate nach der Einsaat — konnten Cholerabakterien in dem Wasser nachgewiesen werden. Von Mitte Januar wurden auf Rubner's Rat auch Teile der grünenden Pflanzen und Schlamm vom Boden

des Bassins untersucht, derart, daß je 50 ccm des Wassers verschiedenen Stellen des Bassins entnommene Pflanzenteilchen hinzugefügt, während der Schlamm zugleich mit dem Wasser aufgesaugt wurde.

Die Untersuchung der grünenden Pflanzenteile ergab etwas regelmäßiger als die bloße Wasseruntersuchung die Anwesenheit von Choleravibrionen, stets aber konnte Wernicke in dem Schlamm vom Boden des Bassins, zuletzt am 28. März 1894, Choleravibrionen auffinden; allerdings mußte öfters eine zweite und dritte Anreicherung angelegt werden.

Später ist es Wernicke nicht gelungen, auch in der wärmeren Jahreszeit und im Herbst nicht, die Choleravibrionen nachzuweisen.

Eine Aenderung der morphologischen und biologischen Eigenschaften der Cholerabakterien im Aquarium hat Wernicke nicht feststellen können. Der Schlamm des Bodens scheint die günstigste Stätte für die Konservierung der Cholerabakterien zu sein. Vielleicht, meint Wernicke, wären sie dort noch länger nachweisbar geblieben, wenn eine weniger intensive Durchleuchtung stattgefunden hätte. Er hält es für durchaus möglich, daß in tieferen Stellen eines Flusses, im Schlamm die Cholerabakterien sich noch längere Zeit halten können, als er in seinem Aquarium gefunden.

Sehr lange Lebensdauer der Cholerabakterien hat auch Kruse[29] in bestimmten, bei höherer Temparatur gehaltenen Brunnenwässern beobachtet. Kruse wählte nicht weniger als 20 Wässer zu seinen Versuchen; 18 von ihnen waren Breslauer Brunnenwässer von der verschiedensten chemischen Zusammensetzung, das 19. filtriertes Oderwasser aus der Breslauer neuen Wasserleitung, das 20. unfiltriertes Oderwasser aus der alten Leitung. Das Experiment wurde in Bierflaschen, die einen halben Liter fassen konnten und mit 400 ccm gefüllt wurden, angestellt. Die Einsaat betrug 11 bis 15 Millionen Bacillen, etwa den 200. Teil einer im Wasser aufgeschwemmten 18-stündigen Agarkultur des Cholerabacillus, die von einem im Januar 1893 vorgekommenen Hamburger Falle stammte, also etwa ein halbes Jahr lang auf künstlichem Nährboden kultiviert war. Es wurde Wert darauf gelegt, die Emulsion möglichst frei von gröberen Partikelchen herzustellen. Die Wässer wurden vor Licht geschützt, bei der nahezu konstanten Temperatur von 16° gehalten. Die Resultate waren folgende: Mit Ausnahme eines einzigen Wassers fanden sich noch nach einer Woche in den nach sorgfältigem Umschütteln zur Untersuchung kommenden 100 ccm aller Proben Cholerabakterien. Nach zwei Wochen waren die letzteren unter gleichen Bedingungen noch bei 9 Wässern vorhanden (in den Oderwasserproben nicht mehr), nach vier Wochen noch in 3 Wässern. Eine Wiederholung des Experimentes mit einer Probe eines der Wässer, in welchem die Cholerabakterien im ersten Versuche noch nach 4 Wochen nachgewiesen waren, und mit unfiltriertem Oderwasser, aber bei anderen Temperaturen, nämlich bei 8° und bei 22°, ergab nach 8 Tagen für beide Wässer ein positives Resultat, nach 14 Tagen aber nur für das Brunnenwasser. In der bei 22° gehaltenen Probe dieses Wassers waren die Cholerabakterien sogar nach **10 Wochen** noch lebensfähig, in der bei 8° gehaltenen aber nicht.

Bei einer Einsaat von nur 500000 Cholerabakterien in 400 Wasser,

dem 20. bis 30. Teil der im ersten Versuch verwandten Menge, ließen sich dieselben nach 14 Tagen noch in 10 ccm, nach 5 Wochen noch in 100 ccm des Wassers nachweisen.

Wurden anfänglich nur 5000 Bakterien eingesät, so gelang der Nachweis derselben nur noch nach einer Woche in 100 ccm Wasser, aber nicht mehr nach zwei Wochen.

Nach den Versuchen von Meade Bolton[2] scheint es, daß die Cholerabakterien der Konzentration der Nährstoffe gegenüber erheblich empfindlicher sind als die Typhusbacillen. Die Typhusbakterien vermehrten sich noch, wenn die gewöhnliche Pepton-Bouillon 200—400-fach mit destilliertem Wasser verdünnt wurde, entsprechend einem Gehalt von 67 mg Nährstoffen pro Liter, die Cholerabakterien wuchsen nur noch bei einer 40—60-fachen Verdünnung, entsprechend 400 mg organischer Substanz im Liter. Gleichwohl sind die Cholerabakterien in nicht sterilisierten Wässern länger lebend gefunden worden, wie die Typhusbakterien. Außer den Nährstoffen kommen eben noch eine Menge anderer, teils schädigender, teils fördernder Momente hierbei in Betracht, z. B. der Gehalt an Salzen. Namentlich das Kochsalz, welches nach den Versuchen Frankland's für die Typhusbacillen (s. u.) geradezu schädlich ist, scheint nach den überall gemachten Erfahrungen für die Konservierbarkeit der Cholerabakterien besonders wichtig zu sein. Die Untersuchungen von Aufrecht[30] an dem durch die Abflüsse der Soda- und Kaliwerke in Aschersleben, Staßfurt u. a. O. mit Salz stark imprägnierten Elbwasser sprechen laut dafür. In einer „Elbwassergelatine" wuchsen die Cholerabakterien ebenso gut wie in gewöhnlicher leicht alkalischer Gelatine. Durch den hohen Salzgehalt des Elbwassers (nach dem Bericht von Gaffky 583,8 mg NaCl im Liter im Juli und 814,0 mg im August) kann daher die Choleraepidemie in Hamburg im Jahre 1892 sehr wohl begünstigt worden sein. Der fördernde Eindruck des Kochsalzes bei der Peptonwasservorkultur ist allgemein anerkannt. Im nicht sterilisierten Meerwasser waren sie freilich, wie de Giaxa[31] meinte, infolge der Konkurrenz der sich stark vermehrenden Meerwasserbakterien, trotz reichlicher Einsaat sehr schnell, nach 2 Tagen schon, verschwunden. Das salzhaltige Elbwasser und das natürliche Meerwasser sind aber durchaus nicht als gleichwertig anzusehen. Der Unterschied in der Zusammensetzung beider ist ein sehr großer, ebenso ist vermutlich die bakterielle Flora in beiden eine sehr verschiedene gewesen.

Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Natriumsulfit neben Kochsalz in nicht sterilisierten Brunnenwasserproben zeigten die Cholerabakterien in den Versuchen Trenkmann's[32] nach 24 Stunden eine starke Vermehrung, während die Wasserbakterien nur wenig an Zahl zunahmen: 10 ccm mit Cholerabakterien infizierten, nicht sterilisierten Brunnenwassers lieferten bei 21—24° C. nach 24 Stunden in Gelatineplatten: 216 Cholera-, 19300 Saphrophyten-Kolonien, mit 3 Tropfen 10-proz. Chlornatrium und 3 Tropfen 10-proz. Schwefelnatrium versetzt, aber: 28100 Cholera- und nur 2160 Saphrophyten-Kolonien.

Gamaleia[33] versetzte Wasser mit Allantoin, Harnstoff, Kreatin, Glycocholl, Taurin, Taurochollsäure, Leucin und Asparagin im Verhältnis von 1 : 500. Nach Besäen der Proben mit Cholerabakterien erfolgte kein Wachstum. Bei entsprechendem Zusatz von Tyrosin

und namentlich von Pankreatin trat jedoch starkes Wachstum ein. Da die Fäkalien pankreatischen Saft enthalten, so könne, meint Gamaleia, durch das Hineingelangen von Fäkalmassen in Wasser eine Vermehrung der Cholerabakterien in denselben veranlaßt werden. Bei seinen Versuchen über das Verhalten von Cholerabakterien in verschiedenen sterilisierten Teich-, Fluß-, Quell- und Brunnenwässern beobachtete er nur in dem Wasser aus einem Brunnen in den ersten 3 Tagen nach der Einsaat starkes Wachstum. Dieser Brunnen befand sich in einem Thale und unweit desselben, aber höher gelegen eine Küche und ein Stall für Hornvieh, aus welchen Nitrate und Produkte der Darmverdauung in den Brunnen gelangt waren.

Alle diese Beobachtungen weisen auf die Möglichkeit hin, daß unter Umständen ein Gehalt an bestimmten Salzen oder Nährstoffen die Erhaltung der Cholerabakterien in manchen Wässern wesentlich begünstigen kann.

Ziehen wir das Facit aus den Versuchen über das Verhalten der Cholerabakterien in verschiedenen natürlichen Wässern, so ergiebt sich, daß ihre Lebensdauer eine sehr verschiedene sein kann, je nach der Qualität des Wassers, daß sie bisweilen schon innerhalb 24 Stunden, häufiger aber erst nach einer Reihe von Tagen, in manchen Fällen erst nach mehreren Wochen, unter Umständen sogar erst nach mehreren Monaten zu Grunde gehen, daß sie ferner unter günstigen Bedingungen bei hoher Temperatur des Wassers und gleichzeitigem Gehalt an bestimmten Salzen und Nährstoffen sogar im Wasser sich vermehren können.

Da die Inkubation der Cholera eine kurze, über wenige, 1—5, Tage sich erstreckende ist, so wird man in der Mehrzahl der Fälle in der Lage sein, mit Hilfe der Peptonwasser-Vorkultur den Nachweis der Erreger in einem verdächtigen Wasser zu führen, selbst wenn nur eine einmalige Infektion des betreffenden Wassers stattgefunden hat.

Eine allmähliche Abnahme der Virulenz der Cholerabakterien im Wasser ist bisher nicht konstatiert worden.

## 2. Typhusbacillen.

Die Angaben über die Lebensdauer der Typhusbacillen in destilliertem, sterilisiertem Wasser schwanken zwischen 2 und 188 Tagen. Die mehr als 6-monatliche Lebensdauer ist nur von einem Forscher (Braem[13]) gefunden, die nächsthöchste Zahl, 69 Tage, haben Straus und Dubarry[14] erzielt.

In sterilisierten Brunnen-, Fluß- und Schmutzwässern variierte die Lebensdauer zwischen 4 Tagen und mehr als 4 Monaten (A. Pfeiffer[16]). Das von Straus und Dubarry[14] gefundene Maximum betrug 81 Tage in Ourcq-Wasser, welches bei 5° C. gehalten war.

Was die Vermehrungsfähigkeit der Typhusbacillen in derartigen Wässern anlangt, so geben die meisten Autoren an, daß eine stetige, bald schnelle, bald langsame Abnahme der Keimzahl stattfand von dem Momente der Einsaat an (Arnold, Hüppe, Gärtner u. A.).

Mehrere Forscher haben aber auch eine unzweifelhafte Vermehrung konstatiert.

Heraeus[3] sah einmal in unfiltriertem Spreewasser während 2-tägigen Stehens eine Zunahme von 12000 auf 87000 bei 12 ° C. (!), Wolffhügel[1] und Riedel konstatierten in unfiltriertem Pankewasser, selbst wenn diesem das 10-fache Volumen destillierten Wassers beigemischt war, bei 16 ° C. nach 2—3 Tagen eine Vermehrung von 800 bis auf unzählige und von 112 bis auf 122000 in je einem Falle. Desgleichen stellten sie in zwei Proben sterilisierten Brunnen- und Leitungswassers bei 15—20 ° C. eine starke Vermehrung fest bis zum 15. Tage, sowie eine längere Erhaltung der Entwickelungsfähigkeit bis zum 32. Tage. Bei Körpertemperatur beobachteten dieselben Autoren und in Uebereinstimmung mit ihnen auch Heraeus gleichfalls starke Vermehrung, Meade Bolton[2] dagegen ein ziemlich schnelles Absterben.

Griewank[35] fand in nicht sterilisiertem Oberwarnow-Wasser bei 18—21 ° C. eine Vermehrung der eingesäten Typhusbacillen vom 3. bis 5. Tage; erst am 8. Tage zeigte sich eine entschiedene Verminderung; ebenso meint er, in zwei Brunnenwässern, in dem einen am 4., in dem anderen vom 3. bis 6. Tage eine Vermehrung sicher konstatiert zu haben. Zur Einsaat entnahm er mit einer Nadel ein wenig aus einer Reinkultur. Nährmaterial ist demnach von ihm nicht mit übertragen.

In mehreren der obigen Fälle dürfte die konstatierte Vermehrung der Typhusbacillen doch auf die gleichzeitige Einfuhr von Nährmaterial zurückzuführen sein. Für diese Annahme spricht sehr ein Versuch von Percy Frankland[34]. Derselbe fand, daß Typhusbacillen, die einer langdauernden allmählichen Züchtung in mehr und mehr mit Wasser verdünnten Kulturmedien unterzogen worden sind, im Trinkwasser eine deutlich größere Lebensfähigkeit entfalten als Bacillen, welche direkt von festen Kultursubstraten mit hohem Nährwerte wie Agar und Pepton-Gelatine entnommen sind. Frankland brachte Typhusbacillen schließlich in einer Flüssigkeit zum Wachsen, die eine Mischung aus einem Volumteile Bouillon und 99 Volumteilen Wasser darstellte. In diesem Medium züchtete er sie 2 Monate lang fort und fügte dann von einer solchen 3 Tage alten Kultur 2 Tropfen zu 600 ccm sterilisierten Themsewassers. Die Zahl der Keime stieg von 4895 am 1. Tage auf 15372, am 3.; am 6. Tage betrug sie 11184, um dann bis zum 39. Tage wieder auf 4093 pro ccm zu fallen. Als er nun aber 10 ccm dieses Wassers, welches am 24. Tage 5795 Keime im ccm enthielt, zu 20 ccm sterilisierten Wassers hinzusetzte, fand er keine weitere Vermehrung, sondern vielmehr eine stetige Abnahme der Keime. Die in der ersten Wasserprobe am 3.—6. Tage konstatierte Vermehrung setzt er daher nicht auf Rechnung der dem Wasser selbst angehörenden organischen Stoffe, sondern auf Rechnung der bei der Infektion gleichzeitig mit eingeführten überaus geringen Mengen von Nährmaterial.

Lebensdauer in nicht sterilisierten Wässern:

Wegen der großen Schwierigkeiten, welche der Auffindung des Erregers des Typhus in nicht keimfrei gemachtem Trinkwasser sich entgegenstellen, im besonderen wegen der Unmöglichkeit, die Typhusbacillen von ähnlich wachsenden und reichlich im Wasser sich ver-

mehrenden Wasserbakterien zu unterscheiden, haben Wolffhügel und Riedel[1] auf derartige Versuche überhaupt verzichtet. Sie haben sich damit begnügt, leicht unterscheidbare Arten von Wasserbakterien gleichzeitig mit Typhusbacillen in sterilisierte Wässer einzusäen, und haben hierbei konstatieren können, daß letztere neben jenen noch „längere Zeit“ (wie lange?) nachweisbar bleiben. Diese Versuche entsprechen demnach nicht den natürlichen Verhältnissen.

Kraus[7], welcher das reine Münchener Mangfall-Stadtleitungswasser und 2 Hausbrunnenwässer für seine Versuche wählte, infizierte von jedem Wasser drei Proben von je 100 g und hielt sie bei 10,5° C. im Keller. Täglich wurden alle Proben mittels des Plattenverfahrens untersucht. Am 7. Tage war in allen drei sehr ungleich zusammengesetzten Wässern die Zahl der Typhusbacillen von rund 57000 auf 0 reduziert, während die anfangs von den Typhuskeimen völlig unterdrückten Wasserbakterien sich am 5. Tage enorm zu vermehren begannen.

Karlinski[8] konnte die Typhusbacillen in dem übelriechendem Wasser eines Tümpels und in bakterienreichem Kanalwasser schon nach 24 Stunden nicht mehr auffinden.

In einem Brunnen von 680 l Wassergehalt und einer Temperatur von 8,3 bis 11° C., welchen er mit enormen Mengen von Typhusbacillen ohne Nährmaterialzusatz infizierte, waren sie nur 3 Tage lang nachweisbar, bei Zusatz der Typhuskeime zugleich mit Bouillon, welche den Sauerstoffverbrauch zur Oxydation der organischen Substanz von 2,26 mg auf 70 mg pro Liter erhöhte, nur während 2 Tagen.

Bei Einsaat geringerer Mengen von Typhusbacillen war schon nach 24 Stunden nichts mehr von denselben zu finden.

Hüppe[5], welcher mit nicht sterilisiertem Brunnenwasser und bei Zimmertemperatur (16—20° C.) arbeitete, fand die Typhusbacillen in 4 Versuchen bereits am 5. Tage, in 5 weiteren am 10. Tage abgestorben, in einem Falle aber bis über 30 Tage lebend.

Uffelmann[10] und Griewank[35] hatten mit Rostocker Brunnenwässern, sowie mit Oberwarnowwasser ganz ähnliche Ergebnisse; in einzelnen Wässern waren sie nach Verlauf einiger Tage, in anderen erst nach 2 bis 3 Wochen abgestorben.

Holz[18] gelang es, mit Hilfe der Kartoffelgelatine in nicht sterilisiertem Brunnenwasser Typhuskeime nach 13 Tagen und in nicht sterilem Grabenwasser nach 14 Tagen nachzuweisen. Die Proben waren bei 12° gehalten.

Sehr instruktiv sind die Versuche, welche von Bobrow[19] in Jurjew angestellt sind, da sie einen deutlichen Einfluß der Temperatur sowohl wie auch der Wasserart erkennen lassen.

Im sterilisierten, destillierten Wasser, welches bei 14 bis 18° C. gehalten wurde und bei Beginn des Versuches, mit einer Gelatinekultur-Bacillenmasse infiziert, 4349700 Keime enthielt, waren am 10. Tage nur noch 15 Keime und am **11.** Tage — keine Bacillen mehr vorhanden. Wurde das besäte Wasser bei **1—2°** C. in der Tiefe eines Versuchsbrunnens aufbewahrt, so sank die Zahl der eingebrachten Typhusbacillen von 506000 nach 5 Tagen auf 2, nach **6** Tagen auf 0.

In sterilisiertem Brunnenwasser (mit 1596,0 mg Trockenrückstand, 1278 Glühverlust, 13,30 Sauerstoffverbrauch, 55,62 $SO_3$, Spuren von $H_2S$, 163,50 Cl, 56,94 $N_2O_5$, 2,0 $NH_3$, 357,0 CaO, 152,43 MgO im Liter) sank

die Zahl der Typhusbacillen bei **14—18°** C. von 2 154 000 nach 25 Tagen auf 3050, nach **28** Tagen auf **0**; — bei **1—2°** C. von 232 000 auf 5500 nach 9 Tagen, nach **10** Tagen auf **0**,

im nicht sterilisierten Brunnenwasser bei **14—18°** C. von 143 300 nach 8 Tagen auf 1000, nach **9** Tagen auf **0**, während die Zahl der Wasserbakterien sich von 15 400 auf 1 215 000 vermehrt hatte; — bei **1—2°** C. von 143 900 nach 5 Tagen auf 400, nach 6 Tagen auf 0, nach 7 Tagen wurden wieder 400 gefunden, nach **8** Tagen **0**, während die Zahl der Wasserbakterien von 14 800 auf 650 am 2. Tage gesunken, am 8. Tage auf 28 400 wieder gestiegen war.

Vergleicht man die gewonnenen Ergebnisse, so waren die Typhusbacillen abgestorben:

| | | | |
|---|---|---|---|
| in sterilisiertem, destilliertem Wasser | bei 14—18° | nach 11 | Tagen, |
| „ „ „ „ | „ 1—2° | „ 6 | „ |
| „ „ Brunnenwasser | „ 14—18° | „ 28 | „ |
| „ „ „ | „ 1—2° | „ 10 | „ |
| „ nicht sterilis. „ | „ 14—18° | „ 9 | „ |
| „ „ „ „ | „ 1—2° | „ 8 | „ |

Es hatte demnach sowohl die Temperatur wie auch die Art des Wassers wie auch die Konkurrenz der Wasserbakterien einen Einfluß auf die Lebensdauer der Typhusbacillen. Eine Vermehrung hatte niemals stattgefunden, vielmehr eine stetig fortschreitende Abnahme.

In allen bisher mitgeteilten Versuchen ist zum Nachweise der Typhusbacillen das Plattenverfahren zur Anwendung gekommen, bei welchem vereinzelte Typhuskeime wegen der massenhaften Entwickelung der Wasserbakterien leicht nicht gefunden sein konnten.

Bei der Fädchenmethode von di Mattei und Stagnitta[12] war ein Uebersehen weniger gut möglich. Die italienischen Forscher fanden im fließenden Wasser der Acqua Marcia bei 8—10° C. nur noch am 4. Tage, dagegen im stagnierenden Wasser nach 13 Tagen noch entwickelungsfähige Typhusbacillen: Zahlen, welche von denen der anderen Forscher nicht wesentlich differieren.

Neuerdings hat nun Percy Frankland[34] noch das Verhalten des Typhusbacillus und des Bacillus coli communis in Themsewasser, Loch Katrine-Wasser (Hochland-Oberflächenwasser aus unbebautem Land, etwas torfig) und in einem Tiefbrunnenwasser untersucht, und zwar sowohl in Proben, welche nicht sterilisiert waren, als auch in solchen, welche er im Dampf sterilisiert bez. durch Chamberland'sche Filter keimfrei gemacht hatte. Zum Nachweise der Typhusbacillen in den nicht sterilisierten Wässern wählte er das Parietti'sche Verfahren. Die Wässer wurden im Dunkeln teils bei 6°, teils bei 19° aufbewahrt. Zunächst sei bemerkt, daß in keiner Probe, auch in den sterilisierten nicht, die eingesäten Typhusbacillen sich vermehrt haben.

Im nicht sterilisierten Themsewasser waren die Typhusbacillen nachweisbar in einem Versuche bei 19° nach (**25** und) 34 Tagen, bei 6° war das Ergebnis das gleiche. Bei Zusatz von 1—3 Proz. Kochsalz zu demselben Wasser war ihre Lebensdauer bei 19° und auch bei 6° kürzer als 18 Tage; in einem zweiten Versuche waren sie bei Zusatz von 16 000 Bacillen pro ccm bei 9—12° nach 9 Tagen nicht mehr, in einem

dritten Versuche bei 9—11° nach (20 und) 27 Tagen auffindbar. Im Loch Katrine-Wasser bei Zusatz von 112 Keimen pro ccm waren sie bei 19° nach 11 Tagen nicht mehr, bei 6—8° nach ⟨ 17 Tagen, bei Zusatz großer Mengen bei 19° nach ⟨ 14 Tagen, in einem anderen Versuch (22000 Keime pro ccm) nach 19 Tagen nachweisbar. Im nicht sterilen Tiefbrunnenwasser konnte Frankland sie nach **33 Tagen** konstatieren. In dem Loch Katrine- und in dem Tiefbrunnenwasser hatten sich die Wasserbakterien stark vermehrt, in dem Themsewasser aber nicht. Gleichwohl waren die Typhusbacillen in den ersteren beiden viel länger nachweisbar als in dem letzteren.

Frankland gelangte auf Grund der letzten Beobachtung zu der Ansicht, daß nicht die Konkurrenz, die Vermehrung der Wasserbakterien das die Typhusbacillen schädigende Element sei, sondern der Gehalt des Wassers an chemischen, durch die Wasserbakterien erzeugten Produkten.

Wenn er nämlich Themsewasser, welches durch Dampf sterilisiert, und dann mit Themsewasser wieder infiziert war, mit Typhusbacillen besäte, so waren die letzteren trotz der jetzt eintretenden Vermehrung der Wasserbakterien nach mehr als 34 und weniger als 41 Tagen nachweisbar. Im sterilisierten Themsewasser waren sie noch nach 48 Tagen, über welche sich diese Versuchsreihe ausdehnte, vorhanden, dagegen in dem natürlichen, nicht sterilisierten Wasser nur nach mehr als 20 und weniger als 27 Tagen. Durch das Kochen mußten also die im Wasser angehäuften exkrementitiellen, die Typhusbacillen schädigenden Stoffe der Wasserbakterien zerstört sein, und da eine Neubildung solcher Stoffe nicht stattfand infolge der Sterilisierung, so konnten die Typhusbacillen in dieser Probe sich länger erhalten als in der sterilisierten, aber wieder mit wasserbakterienhaltigem Wasser infizierten Probe, in welcher im Laufe des Versuches die Neubildung jener Stoffe erfolgen mußte.

Nach diesen Versuchen Frankland's müßte man mit einer sehr viel längeren Lebensdauer der Typhusbacillen, im Brunnenwasser namentlich, rechnen als nach den Ergebnissen der Versuche früherer Forscher anzunehmen war. Leider hat Frankland nicht angegeben, ob in den untersuchten nicht sterilisierten Wässern typhusähnliche Bakterien vorhanden gewesen sind. Sind diese vorhanden gewesen, so dürften sie bei der Parietti'schen Methode zur Entwickelung gelangt sein, und dann könnten sie die Anwesenheit von Typhusbacillen vorgetäuscht haben. Daß sie im Themsewasser vorhanden gewesen sind, ist nach den zahlreichen, an anderen Flußwässern gemachten Beobachtungen nicht unwahrscheinlich.

Ueber den Einfluß bestimmter Salze wissen wir nur sehr wenig. Daß Kochsalz auf Typhusbacillen, welche sich in Nährsubstraten befinden, wenig oder gar nicht einwirkt, geht hervor aus den Versuchen von de Freitag[36]. Derselbe fand die Typhusbacillen in Gelatinekulturen, welche, mit Kochsalz bedeckt, sich in diesem verflüssigt hatten, nach über 5 Monaten lebensfähig.

In Frankland's Versuchen hatte sich ein 3-proz. Kochsalzzusatz zu nicht-sterilisiertem Themsewasser für darin suspendierte Typhusbacillen als nicht günstig erwiesen. Sie starben früher ab als in dem gleichen Wasser ohne Kochsalzzusatz.

De Giaxa[31] hat das Verhalten der Typhusbacillen im Meer-

wasser geprüft. Im sterilisierten Meerwasser vermehrten sich bei 36° C. die Bacillen unmittelbar nach der Einsaat meist reichlich, nahmen dann ab, um nach einigen Tagen wiederum zuzunehmen und danach wieder abzunehmen. Die Dauer der Zunahme schwankte, überschritt aber niemals 10 Tage. In einem Versuche bei Einsaat von 2 Tropfen 8-tägiger Bouillonkultur in 100 ccm Wasser fanden sich nach 25 Tagen noch 12500 Typhuskeime pro ccm. In nicht sterilisiertem, 3 km von der Mündung eines Abwasserkanales entfernt geschöpftem Meerwasser mit einem Gehalt von 10—80 Keimen pro ccm fand eine allmähliche Abnahme der eingeführten Keime statt, während die Wasserbakterien sich stark vermehrten. Nach 9 Tagen wurden in einem Versuche 7200 Kolonien gefunden, von denen 912 Typhuskolonien waren. Wie lange sie überhaupt noch nachweisbar gewesen sind, ist nicht angegeben. de Giaxa hält es für wahrscheinlich, daß der Typhusbacillus sich im Meerwasser vermehren kann, wenn die Anzahl der gemeinen Bakterien beschränkt ist. Experimentelle Unterlagen hierfür finden sich in seiner Arbeit nicht. Jedenfalls scheint der Salzgehalt des Meerwassers nicht schädigend auf die Typhusbacillen zu wirken.

Ueberblicken wir die Ergebnisse aller Versuche, so können wir sagen, daß unter natürlichen Verhältnissen die Typhusbacillen meist innerhalb von 14 Tagen in den Wässern, in welche sie hineingelangt sind, zu Grunde gehen werden, wofern sich nicht besondere, ihnen zusagende Nährstoffe, welche ihre Vermehrung gestatten, darin vorfinden. Nähere Untersuchungen über solche die Typhusbacillen begünstigende Stoffe sind bisher nicht mitgeteilt worden. Nur hinsichtlich der Fleischbouillon wissen wir durch die Untersuchungen Meade Bolton's[2], daß zu 10 ccm Wasser 0,025—0,05 ccm derselben hinzugefügt werden müssen, wenn sich die Typhusbacillen in demselben vermehren sollen, was einer 200—400-fachen Verdünnung der Bouillon und einem Gehalte von 67 mg organischer Substanz pro Liter Wasser entsprechen würde. Derartige Mengen werden den Typhusbacillen in den natürlichen Wässern aber nur selten geboten werden.

Wenn es nun, wie es den Anschein hat, richtig ist, daß in den meisten Wässern die Typhusbacillen innerhalb 14 Tagen bis 3 Wochen zu Grunde gehen, so wird man bei dem Ausbruch von Typhusepidemien nach dem Genuß infizierten Brunnenwassers, wofern die Infektion nicht während einer längeren Zeit kontinuierlich stattfindet, in der Mehrzahl der Fälle die Typhusbacillen in dem infizierten Wasser vergeblich suchen, weil die Inkubationsdauer des Abdominaltyphus länger ist (2—3 Wochen) als die gewöhnliche Lebensdauer der Typhusbacillen in Brunnenwässern. Dieser Umstand im Verein mit der noch so überaus großen Schwierigkeit des Nachweises der Typhusbacillen in verunreinigten Wässern erklärt es zur Genüge, daß mehrfach, wie oben erwähnt, bei Typhusepidemien, welche mit größter Wahrscheinlichkeit auf den Genuß infizierten Trinkwassers zurückzuführen waren, auch von zuverlässigen Untersuchern vergeblich nach den Typhusbacillen gesucht worden ist. Aus demselben Grunde würde es nicht angängig sein, wegen des Nichtauffindens der Typhusbacillen in einem verdächtigen Wasser die Entstehung der Epidemie durch ein solches Wasser in Abrede stellen zu wollen. Daß aber unter Umständen dieser Nachweis doch möglich

Flaschen füllten sie mit Wasser aus der gleichen Leitung, warfen die mit den Bakterien getränkten Seidenfäden hinein und hielten sie wohl bedeckt unter dem Strahle der Leitung, um ihre Temperatur konstant zu erhalten. Mit den Tag für Tag aus diesen Flaschen entnommenen Proben verfuhren sie in derselben Weise wie mit den im strömenden Wasser gehaltenen. Durch eine genaue bakteriologische Untersuchung überzeugten sie sich, daß die in dem Wasser enthaltenen Organismen keine Analogien darboten mit den studierten pathogenen Keimen.

Der Uebersichtlichkeit wegen nehmen wir das Ergebnis dieser Versuche vorweg. Es ist enthalten in nachstehender Tabelle:

| | fliefsendes Wasser | | stagnierendes Wasser | |
|---|---|---|---|---|
| | längste Lebensdauer in Tagen | | | |
| | Entwickelung | pathogenes Vermögen | Entwickelung | pathogenes Vermögen |
| Detritus milzbrandiger Organe | 6 | 6 | 3 | 3 |
| Fäden mit Milzbrandbacillen | 3 | 3 | 4 | 4 |
| „ „ „ sporen | 120*) | 120 | 120 | 120 |
| „ „ Typhusbacillen | 4 | — | 13 | — |
| „ „ Rotzbacillen | 6 | — | 12 | 12 |
| „ „ Hühnercholerabacillen | 7 | 6 | 10 | 10 |
| „ „ Staphylococcus pyogenes aureus | 8 | 7 | 12 | 12 |
| „ „ Streptococcus pyogenes | 5 | 5 | 8 | 7 |

*) Länger dauerte der Versuch nicht.

Es hielten sich mithin die pathogenen Organismen länger im stagnierden als im fließenden Wasser, auch behielten sie bis zu ihrem Verschwinden ihre pathogenen Eigenschaften. Im fließenden Wasser, meinen di Mattei und Stagnitta, erfuhren sie vielleicht mechanische Insulte, welche ihr schnelleres Zugrundegehen veranlaßt haben könnten.

Wir wollen nunmehr die Ergebnisse, welche das Studium des Verhaltens der pathogenen Organismen in den Wässern zu Tage gefördert hat, näher erörtern.

## 1. Cholerabakterien.

Die Zahl der Untersuchungen über das Verhalten der Cholerabakterien im Wasser ist eine außerordentlich große.

In sterilisiertem destilliertem Wasser gehen sie, wie fast alle Beobachter übereinstimmend bekunden, innerhalb der ersten 24 Stunden zu Grunde, wofern reines Bakterienmaterial den Wasserproben zugesetzt wird. Außerordentlich geringe Mengen von Bouillon, gleichzeitig mit übertragen, sind imstande, ihre Lebensdauer ganz wesentlich, auf 7—14 Tage zu erhöhen. Gleichzeitiger Zusatz von Salz verlängerte sie bis auf 40 Tage (Maschek[9]).

In sterilisierten Brunnenwässern dagegen wurden die

Cholerabakterien sehr viel länger lebend gefunden. Die Angaben schwanken zwischen 2 Tagen und mehr als 7 Monaten (A. Pfeiffer[16]). Geringe Bouillonzusätze wirkten noch mehr begünstigend wie in destilliertem Wasser auf ihre Erhaltung, sodaß sie noch nach 382 und 392 Tagen lebend gefunden wurden (Hochstetter[6]).

Wolffhügel[1] und Riedel fanden übereinstimmend mit Frankland[4], daß die eingebrachten Keime sich anfänglich verminderten, dann aber deutlich vermehrten, um schließlich wieder langsam abzunehmen.

In sterilen Schmutzwässern wuchsen die Cholerabakterien kräftig, auch erhielten sie sich lange darin am Leben; sie konnten noch nach Wochen und Monaten (von Frankland z. B. nach 11 Monaten, von Riedel[17] sogar nach mehr als Jahresfrist) in solchen nachgewiesen werden.

Weniger sicher sind die freilich viel wichtigeren Angaben über das Verhalten der Cholerabakterien in nicht-sterilisierten Wässern. Da erst seit dem Jahre 1892 die sichere Peptonwasser-Methode zum Nachweis vereinzelter Cholerakeime inmitten von unzählbaren saprophytischen zur Anwendung gekommen ist, so können die älteren mit der Plattenmethode gewonnen Ergebnisse nicht als gleichwertig mit der neueren mittels der Peptonwassermethode erzielten angesehen werden.

Ueber das Verhalten der Cholerabakterien in natürlichen, niedrig temperierten Quell- und Brunnenwässern liegen eine Reihe von Angaben vor.

Großes Interesse erregten seiner Zeit die Untersuchungen von Kraus[7], welcher das Verhalten der Typhus-, Cholera- und Milzbrandbacillen in einem reinen Quellwasser, der Münchener Mangfallleitung, und in zwei Brunnenwässern bei der diesen Wässern eigenen Temperatur von 10,5° C. prüfte. In allen drei Wässern waren nach 24 Stunden schon die Cholerabakterien verschwunden, während die Wasserbakterien sich zu vermehren begannen.

| | Tag der Probeentnahme | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2. | 4. | 8. | 135 |
| **Mangfall** | 10 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Brunnen I** | 8 700 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| „ **II** | 9 420 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | **Wasserbakterien** | | | | |
| **Mangfall** | 30 | 400 | 70 000 | 140 000 | 2040 |
| **Brunnen I** | 80 | 900 | 80 000 | ∞ | 8100 |
| „ **II** | 250 | 2000 | 100 000 | ∞ | 4100 |

Drei von Gärtner[11] mit Quellwasser angestellte Versuche lieferten bei 11,5° C. dasselbe Resultat.

Karlinski[8], welcher das Verhalten der Choleravibrionen in 4 keimarmen Leitungswassern und in einem Brunnenwasser zu Innsbruck bei deren natürlicher Temperatur von 8° C. prüfte, konnte dieselben in 2 Versuchen am 3. und in einem Versuche am 4. Tage nicht mehr nachweisen.

Bobrow[19], welcher in einen Brunnen mit einer Temperatur von $^1/_2$—2° C. Cholerabakterien einbrachte, sodaß 21000 bez. 13900 Keime pro ccm Wasser vorhanden waren, fand, daß sie sehr schnell abstarben, daß sie nach 10 bez. 15 Stunden auf 1900 bez. 450 reduziert und nach 34 bez. 39 Stunden überhaupt verschwunden waren.

pyocyaneus, ferner die Bacillen der Mäuse- und die der Kaninchen-Septikämie, der Hühnercholera, des Schweinerotlaufs, der Tuberkelbacillus, der Rotzbacillus und der Tetanusbacillus. Die Mehrzahl dieser Untersuchungen sind angestellt von Straus und Dubarry[14] nach der oben S. 667 geschilderten Methode. Fast alle sind sie mit sterilisierten, teils destillierten, teils anderen Wässern vorgenommen; sie haben daher praktisch nur eine untergeordnete Bedeutung. Nur für den Staphylococcus aureus, den Hühnercholera-, den Rotz- und den Tetanusbacillus liegen Versuche in nicht sterilisierten Wässern vor.

de Giaxa[31] prüfte den St. aureus in seinem Verhalten zum keimarmen (10—80 Keime pro ccm) und zum keimreichen (5300 bis 392000 Keime pro ccm) Meerwasser. Er konstatierte ein Zurückgehen der Zahl der Keime in den ersten Tagen, aber nach 10 bis 25 Tagen eine deutliche Vermehrung und dann wiederum langsames Zurückgehen zugleich mit den übrigen Keimen. So fanden sich z. B. in einer Probe sofort nach dem Zusatze des St. aureus 546000 Kolonien, davon die Hälfte etwa Staphylokokken, nach 1 Tage 194000 Keime, darunter 2850 St., nach 4 Tagen 224000 Keime wovon 1250 St., nach 10 Tagen 210000 Keime, wovon $^2/_3$ St., nach 16 Tagen 1080000 Keime, wovon $^8/_{10}$ St., nach 25 Tagen 661500 Keime, wovon $^3/_4$ St., und nach 40 Tagen 1500 Keime, wovon 860 St. Das gleiche Verhalten beobachtete de Giaxa auch im sterilisierten Meerwasser. In sterilisierten Trinkwässern wurden bei 20° C. von Meade Bolton[2] und Straus und Dubarry[14] übereinstimmend ca. 3 Wochen (15 bis 23 Tage) als Grenze der Lebensdauer gefunden. di Mattei und Stagnitta[12] konnten sie im strömenden Wasser der Acqua Marcia 8 Tage, im stagnierenden 12 Tage lang nachweisen.

Bobrow[19] endlich fand sie in einem infizierten Brunnen nach 5 Tagen noch in erheblicher Zahl, wiewohl die Temperatur nur 2,5° C. betrug. Länger wurde der Versuch nicht fortgesetzt.

Der Streptococcus pyogenes blieb im destillierten, sterilisierten Wasser 8—10, im sterilisierten Ourcq-Wasser 14, im Vanne-Wasser 15 Tage lebens- und infektionstüchtig (Straus und Dubarry[14]), im strömenden Wasser 5, im stagnierenden 8 Tage (di Mattei und Stagnitta[12]).

Der Streptococcus erysipelatos war im sterilisierten, destillierten Wasser weniger als 1 Stunde, im sterilisierten Themsewasser bis 5 Tage lebensfähig (Percy Frankland[4]),

der Micrococcus tetragenus in destillierten, Leitungs- und Brunnenwässern, alle sterilisiert, 4—19 Tage (Hochstetter[6], Meade Bolton[2], Straus und Dubarry[14]),

der Bacillus pyocyaneus länger als 73 Tage in destilliertem und Vanne-Wasser, im destillierten Wasser über 53 Tage (Straus und Dubarry[14]). In Tiefbrunnenwasser fand Percy Frankland[4] in Londoner Sewage nach 18 Tagen unzählbare Keime dieses Bacillus.

Es lebten ferner:

| | in destilliertem | in Fluſs- u. Brunnenwasser sterilisiert |
|---|---|---|
| Der Bacillus der Mäuseseptikämie (Strauſs u. Dubarry) | 19 Tage | 20 Tage |
| Der Bac. des Schweinerotlaufs (Str. u. Dub.) | 34 „ | 17 „ |

| | | |
|---|---|---|
| Der Bac. der Kaninchenseptikämie (Hochstetter) | 30 Minuten bis 2 Tage | — Tage |
| Der Bac. der Hühnercholera (Str. u. Dub.) | 0—8 „ | 2—30 „ |
| | in nicht sterilisierten Brunnenwässern bei massenhafter Einsaat und bei 6—10° bis 543 Stunden [3 Wochen] (Schönwerth), im fließenden Wasser 7, im stagnierenden 10 Tage (di Mattei und Stagnitta). | |
| Der Bac. pneumoniae Friedländer (Str. u. Dub.) | 0—8 Tage | 4—7 Tage |
| Der Rotzbacillus | 19 Tage bei 20° | 28 Tage bei 20° |
| (Str. u. Dub.) | 57 „ „ 25° | 50 „ „ 25° |
| (Bonome[42]) | 6 „ | |
| Im fließenden Wasser 6 Tage, im stagnierenden 12 Tage (di Mattei und Stagnitta). | | |
| Der Tuberkelbacillus | 24 Tage bei 20° | 27 Tage bei 20° |
| (Str. u. Dub.) | 25 „ „ 35° | 30 „ „ 35° |
| | 115 „ „ 38° | 95 „ „ 38° |
| (Chantemesse u. Widal) | | 50—70 Tage |
| Der Bac. Prior-Finkler (Frankland, Hochstetter, Slater) | wenige Stunden bis höchstens 2 Tage in einem Brunnen bei 1—2° | höchstens 2 Tage 3 Tage (Bobrow) |
| Die Sporen des Aspergillus flavescens (Hochstetter) bei 12—17° C. | in destilliertem Wasser 56 Tage | in Berl. Leitungswasser 56 Tage |

Die Sporen des Tetanusbacillus wurden von Rodolfo Schwarz[43], wie zu erwarten war, monatelang virulent und infektionstüchtig in nicht sterilisierten Wässern der verschiedensten Art, in destilliertem Brunnen-, Quell-, Fluß-, Cisternen- und Schmutzwasser gefunden. Die Prüfung der Infektionstüchtigkeit durch Injektion kleiner Mengen der infizierten Wässer bei Kaninchen ergab das merkwürdige Resultat, daß etwa im zweiten Monate der Aufbewahrung die Proben eine deutliche Verminderung der Virulenz erkennen ließen, da die Kaninchen gar nicht oder sehr spät an Tetanus starben. Nach einer gewissen Zeit hatten die Wässer aber ihre anfängliche Virulenz wieder erlangt, das Quellwasser am 53., das Brunnenwasser am 70., das destillierte Wasser am 79., das Cisternenwasser am 84. Tage seit der Infektion. Von diesem Moment ab blieb die Virulenz unverändert. Ein am 120. Tage mit dem Quellwasser geimpftes Kaninchen starb nach 5 Tagen an typischem Tetanus. In dem stagnierenden Wasser aus einem Graben trat nach 36 Tagen partieller und nach 46 Tagen totaler Virulenzverlust ein, während ein sehr schmutziges, an organischem Material reiches Wasser am 50. Tage noch nicht die geringste Abschwächung erkennen ließ. In unsterilisiertem Seewasser machte sich bereits nach 10 Tagen eine Abschwächung bemerkbar, später geimpfte Tiere wurden nur mager, starben aber nicht an Tetanus. Als jedoch nach 114 Tagen aus dem Wasser eine Kultur angelegt wurde, lieferte diese schöne sporentragende Stäbchen und tötete in der Menge von wenigen Tropfen ein Kaninchen innerhalb 24 Stunden.

Die Verminderung der Virulenz in den nicht sterilisierten Wässern ist nach der Ansicht von Schwarz bedingt durch die starke Entwickelung der Wasserbakterien, möglicherweise durch bestimmte in den Wässern vorhandene, dem Tetanusbacillus schädliche Arten. Wenn die infolge der Zufuhr von Nährsubstanzen bei der Besäung der Wasserproben aufgetretene starke Bakterienwucherung vorüber war, kam in den meisten Wässern die Virulenz der Sporen wieder voll zur Geltung.

Interessant sind die von Schönwerth[44] bei Einsaat von massenhaften Hühnercholerabacillen in natürliche Brunnenwässer gemachten

Beobachtungen. Trotz Einsaat von 5 681 000 Hühnercholerakeimen pro ccm Brunnenwasser gelang es ihm nicht, die sonst für die Infektion vom Digestionstractus aus sehr empfänglichen Hühner und Tauben mit dem infizierten Wasser per os zu infizieren. Das Wasser wurde als Getränke und mit dem Futter gemischt den Tieren einen Monat hindurch verabreicht, ohne Erfolg. Die Injektion von 0,5 bis 1,5 ccm desselben Wassers in den Brustmuskel tötete die Tiere sicher noch 22 Tage nach der Infektion des Brunnens.

1) **Wolffhügel** *und* **Riedel**, *Die Vermehrung der Bakterien im Wasser*, *Arb. a. d. Kais. Ges.-Amte* (1886) 1. *Bd.* 455.
2) **Meade Bolton**, *Ueber das Verhalten verschiedener Bakterienarten im Trinkwasser*, *Z. f. H.* (1886) 1. *Bd.* 76.
3) **W. Heraeus**, *Ueber das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser, sowie über reduzierende und oxydierende Eigenschaften der Bakterien*, *Z. f. H.* (1886) 1. *Bd.* 193.
4) **Percy Frankland**, *On the multiplication of microorganisms*, *Proc. of the Roy. Society* (1886) 526; *Recent bacteriological research in connection with watersupply*, *Society of Chemical Industry* (1887) *Vol. VI*; **P.** *und* **G. Frankland**, *Microorganisms in water*, *London* 1894.
5) **F. Hüppe**, *Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkte*, *Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung* (1887).
6) **Hochstetter**, *Ueber Mikroorganismen im künstlichen Selterwasser nebst einigen vergleichenden Untersuchungen über ihr Verhalten im Berliner Leitungswasser und im destillierten Wasser*, *Arb. a. d. Kais. Ges.-Amte* (1887) 2. *Bd.* 1.
7) **Kraus**, *Ueber das Verhalten pathogener Bakterien im Trinkwasser*, *A. f. H.* (1887) 6. *Bd.* 234.
8) **Justyn Karlinski**, *Ueber das Verhalten einiger pathogener Bakterien im Trinkwasser*, *A. f. H.* (1889) 9. *Bd.* 113; *Ueber das Verhalten des Typhusbacillus im Brunnenwasser*, *ebenda* 432.
9) **Maschek**, *Bakteriologische Untersuchungen des Leitmeritzer Trinkwassers*, *Jahresbericht der Oberrealschule zu Leitmeritz* (1887).
10) **Uffelmann**, *Trinkwasser und Infektionskrankheiten*, *Wien. med. Presse* (1888) *No.* 37.
11) **A. Gärtner** *in Tiemann-Gärtner's Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer*, 4. *Aufl.*, *Braunschweig* 1895.
12) **di Mattei** *e* **F. Stagnitta**, *Sul modo di comportarsi dei microbi patogeni nell' acqua corrente*, *Annal. dell' Istituto d' igiene sperim. dell' Univers. di Roma* (1889) *Vol. I Serie II.*
13) **Braem**, *Untersuchungen über die Degenerationserscheinungen pathogener Bakterien im destillierten Wasser*, *Beiträge zur pathol. Anat. und zur allgem. Pathol.* (1889) 7. *Bd.* 11.
14) **J. Straus** *et* **A. Dubarry**, *Recherches sur la durée de la vie des microbes pathogènes dans l'eau*, *Arch. de méd. expérim. et d'anat. pathol. Tome I* (1889) 5.
15) **Slater**, *Investigation of artificial mineral waters*, *Journal of pathology and bacteriology* (1893) *Vol. I* 468.
16) **A. Pfeiffer**, *Die Beziehungen der Bodenkapillarität zum Transport von Bakterien*, *Z. f. H.* (1886) 1. *Bd.* 398.
17) **O. Riedel**, *Die Cholera, Entstehung, Wesen und Verhütung derselben*, *Berlin* 1887, 36.
18) **Max Holz**, *Z. f. H.* (1890) 8. *Bd.* 174.
19) **N. Bobrow**, *Ueber das Verhalten einiger pathogener Mikroorganismen im Wasser*, *Inaug.-Diss. Jurjew* (1893).
20) **A. Heider**, *Untersuchungen über die Verunreinigung der Donau durch die Abwässer der Stadt Wien*, *Sep.-Abdr. aus der Wochenschrift: Das österreichische Sanitätswesen*, *Beilage zu No.* 31, 3. *August* 1893, 38 *ff.*
21) **R. Koch**, *Die Cholera in Deutschland während des Winters* 1892/93, *Z. f H.* (1893) 15. *Bd.* 120.
22) **Babes**, *Untersuchungen über R. Koch's Kommabacillus*, *Virch. Arch.* (1885) 99. *Bd.* 152.
23) **Douglas Cunningham**, *Bewirken die Kommabacillen, selbst vorausgesetzt, sie seien die nächste Ursache der Cholerasymptome, wirklich die epidemische Verbreitung der Cholera?* *A. f. H.* (1889) 9. *Bd.* 406.
24) **Dunbar**, *Bericht über die Arbeiten des im Herbst* 1892 *anläfslich der Cholera-Epidemie in Hamburg errichteten provisorischen hygienischen Institutes*, *Anlage IX zu Georg Gaffky*, *Die Cholera in Hamburg*, *Arb. a. d. Kais. Ges.-Amte* (1894) 10. *Bd.* 160.
25) **A. Stutzer** *und* **R. Burri**, *Ueber die Dauer der Lebensfähigkeit und die Methoden des Nachweises der Cholerabakterien im Kanal-, Flufs- und Trinkwasser*, *Sep.-Abdr. aus dem Centralblatt für allgem. Gesundheitspfg.*, *Bonn* 1893, 27 *ff.*

26) **R. Koch**, *Konferenz zur Erörterung der Cholerafrage*, *Berl. klin. Wochenschrift* (1886) *No.* 37 *a u. b.*
27) **L. Hoeber**, *Ueber die Lebensdauer der Cholera- und Milzbrandbacillen in Aquarien*, *C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 443.
28) **Erich Wernicke**, *Ueber die Persistenz der Choleravibrionen im Wasser, aus dem hyg. Institut der Universität Berlin*, *Hyg. Rdsch.* (1895) 736.
29) **W. Kruse**, *Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers*, *Z. f. H.* (1894) 17. *Bd.* 27 *ff.*
30) **Aufrecht**, *Ueber den Einfluſs stark salzhaltigen Elbwasssers auf die Entwickelung von Cholerabacillen*, *C. f. B.* (1893) 13. *Bd.* 354.
31) **de Giaxa**, *Ueber das Verhalten einiger pathogener Mikroorganismen im Meerwasser*, *Z. f. H.* (1889) 6. *Bd.* 162.
32) **Trenkmann**, *Beitrag zur Biologie des Kommabacillus*, *C. f. B.* (1892) 13. *Bd.* 313.
33) **Gamaleia**, *Ueber das Leben der Cholerabacillen im Wasser, unter dem Einflusse des Eintrocknens und der Feuchtigkeit*, *Deutsch. med. Woch.* (1893) *No.* 51.
34) **P. Frankland**, *Ueber das Verhalten des Typhusbacillus und des Bacillus coli communis im Trinkwasser*, *Z. f. H.* (1895) 19. *Bd.* 393.
35) **Otto Griewank**, *Ueber die Dauer der Lebensfähigkeit der Typhusbacillen im Fluſs- und Brunnenwasser*, *Inaug.-Diss. Rostock* (1892).
36) **de Freytag**, *Ueber die Einwirkung konzentrierter Kochsalzlösungen auf das Leben von Bakterien*, *A. f. H.* (1890) 11. *Bd.* 60.
37) **R Koch**, *Ueber Desinfektion*, *Mitteil. a. d Kais. Ges.-Amt* 1. *Bd.* 234, *Berlin* 1881.
38) **S. Sirena** *e* **G. Scagliosi**, *Durata in vita del bacillo del carbonchio nell terreno, nell' acqua potabile in quella di mare e nel materiale di fogna*, *La Rif. med.* (1894) *No.* 104 *ref.* *C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 318.
39) **d'Espine** *et* **Marignac**, *Revue méd. de la Suisse Romande* (1890) 26.
40) **Le doux-Lebard**, *Arch. de méd. expérim.* (1893) 5. *Bd.* 779.
41) **Démétriadès**, *Action de l'eau sur le bacille diphthérique, Travail du laboratoire de M. le prof. Grancher*, *Arch. de méd. exp. Bd. VII H.* 5, *ref. H. R.* (1895) 5. *Bd.* 1029.
42) **A. Bonome**, *Alcune proprietà biologiche del bacillo della morva*, *La Rif. med.* (1894) 172—174 *ref. C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 324.
43) **Rodolfo Schwarz**, *Ricerche sulla vitalità del virus tetanico nelle acque*, *La Rif. med.* (1890) *No.* 117.
44) **Schönwerth**, *A. f. H.* (1892) 15. *Bd.* 61.

---

## VIII. Einfluss niederer Temperaturen auf die Bakterien im Wasser.

Das aus natürlichem Wasser hergestellte Eis enthält stets mehr oder weniger zahlreiche Bakterien je nach dem Bakterienreichtum des verwendeten Wassers. Durch den Gefrierprozeß wird die Zahl der Keime erheblich vermindert, nach den Angaben von Prudden[1] und auch von Bordorni-Uffreduzzi[2] um 90 Proz. Das Wasser der Dora Riparia bei Turin enthielt per ccm unzählige Organismen, das Eis aus demselben ca. 400—1500. In den Versuchen von C. Fraenkel[3] lieferte Spreewasser, welches 6000 Keime pro ccm enthielt, nach 2-tägigem Gefrorensein 1200, nach 9-tägigem nur noch 14 Keime in 1 ccm, eine andere Probe mit 3300 Keimen im ccm nach 3-tägigem Frieren nur 20—22 u. s. w. Die Arten der Keime, welche in dem Wasser enthalten sind, sind von Einfluß auf die Zahl der Keime im Eise. Nach den Untersuchungen von Prudden, welcher mit Reinkulturen verschiedener Bakterien arbeitete, ging z. B. der verflüssigende Bacillus aus Wasser schon nach 4 Tagen von 800000 auf 0. Dagegen war der Bacillus prodigiosus von 6300 Keimen in 1 ccm in 4 Tagen auf 3000, in 37 Tagen auf 22 und erst

nach 51 Tagen ununterbrochenen Gefrorenseins auf 0 reduziert, der Proteus vulgaris von 8300 in 18 Tagen auf 88 und ebenfalls in 51 Tagen auf 0. Der fluorescierende Bacillus aus Wasser lieferte sogar nach 77 Tagen noch 85000 Kolonien.

Diese Beobachtungen, welche die Verwendbarkeit des aus natürlichen Wässern gewonnenen Eises zu Genußzwecken schon sehr zweifelhaft erscheinen ließen, sind nun weiter noch vervollständigt durch eingehende Untersuchungen über das Verhalten der wichtigsten pathogenen Bakterien zu niederen Temperaturen bez. zum Gefrieren im Wasser.

Karlinski[12] fand die Cholerabakterien in nicht sterilisiertem Innsbrucker Trinkwasser bei 8° C. noch nach 3 Tagen lebend, Bobrow[13] in einem Brunnen von $^1/_2$—2° C. nicht mehr nach 24 Stunden. Demnach schien es, als ob mit dem Absinken der Temperatur auch ihre Lebensfähigkeit im Wasser sich verringert zeigen würde. Freilich ließen einige epidemiologische Beobachtungen der letzten Jahre eine solche Annahme doch als zweifelhaft erscheinen. Während der Epidemie in Nietleben herrschte eine Kälte von fast 30° C. Die Rieselfelder der Anstalt waren gefroren, gleichwohl konnten in dem über das gefrorene Terrain fließenden Rieselwasser ebenso wie im Saalewasser die Cholerabakterien lebend nachgewiesen werden. In dem sehr niedrig temperierten Saalewasser müssen sie sich eine ganze Anzahl von Tagen lebensfähig gehalten haben, denn in den stromabwärts von Nietleben gelegenen Ortschaften traten erst mehrere Tage später Cholerafälle auf, welche mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auf den Genuß von Saalewasser zurückgeführt werden konnten. Renk[4], welcher aus Anlaß dieser Vorkommnisse die Widerstandsfähigkeit der Cholerabakterien gegen niedere Temperaturgrade experimentell prüfte, fand, daß dieselben in sterilisiertem, sowie auch in nicht sterilisiertem Saalewasser, welches bei —0,5 bis —7° gehalten wurde, nach längstens 5 Tagen ununterbrochener Frostwirkung getötet waren und daß die Abtötung etwas später erfolgte (nach 6—7 Tagen erst), wenn die Frostwirkung unterbrochen wurde. Versuche, welche von Abel[5] im hygienischen Institut zu Greifswald angestellt wurden, ergaben, daß Cholerabakterien in Peptonwasser, welches im Freien bei Temperaturen bis zu —20° C. zum Gefrieren gebracht war, schon nach 3 Tagen vernichtet sein konnten, sicher aber nach 8 Tagen zu Grunde gegangen waren. Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch Uffelmann[6]. Er fand, daß die Cholerabakterien in der Luft frei ausgesetztem Eise eine Temperatur von —24,8° C. vertrugen und sicher erst nach 5 Tagen abgestorben waren.

Daß dieselben, wenn sie sich nicht in Wasser, sondern in Nährlösungen befinden, der Kälte gegenüber sich noch wesentlich widerstandsfähiger verhalten, erhellt aus einer Beobachtung von Schruff[8], den Versuchen von Weiß[7] und namentlich aus umfangreichen Untersuchungen von Kasansky[9]. Schruff hatte in Bouillonkulturen, welche von Mitte September bis Mitte Mai in einem nicht geheizten Arbeitszimmer aufbewahrt, im Januar bei —12,5° C. Außentemperatur längere Zeit gefroren gewesen waren, Ende Januar zwar keine lebenden Cholerabakterien mittels des Plattenverfahrens zu finden vermocht, in denselben Röhrchen aber gleichwohl Mitte Mai lebhaft bewegliche Vibrionen beobachtet. Weiss hatte in den auf Grund dieser Beobachtung angestellten Versuchen konstatiert, daß in Bouillon-Kulturen,

welche in einer Kältemischung 21 Tage lang gestanden hatten und 7 Tage vollständig, an den anderen Tagen aber stets gefroren und wieder aufgetaut gewesen waren, wenn auch nur wenige Cholerabakterien noch lebend vorhanden waren, daß sie in Wasser, dem eine beträchtliche Menge Bouillon zugesetzt war, sich 3 Tage länger hielten als in solchem mit zwei Tropfen Bouillon. Kasansky aber stellte fest, daß Fleisch-Pepton-Gelatine-, Agar- und Bouillon-Kulturen, welche 20 Tage lang bei Temperaturen bis zu —12,5 ° C. vollständig durchgefroren waren, noch lebende Cholerakeime beherbergten. Er fand ferner, daß derartige Kulturen 4 Monate lebensfähig blieben in der kältesten Jahreszeit, wenngleich zeitweise Temperaturen bis zu —31,8 ° C. auf sie eingewirkt hatten und wiewohl sie 5- bis 12 mal aufgetaut gewesen waren, und daß sie erst nach 5—6 Monaten sich abgestorben zeigten.

Hinsichtlich der Typhusbacillen konstatierte Prudden[1], daß, wenn dieselben in sterilisierten Wässern mit Hilfe einer Gefriermaschine einer Temperatur von 14—30 ° F., (—1 bis —10 ° C.), ausgesesetzt gewesen war, ihre Zahl mit der Dauer des Gefrierprozesses stetig abnahm, daß, während nach 11 Tagen in 1 ccm noch 1 Million vorhanden waren, nach 77 Tagen ihre Zahl auf 72 000 und nach 103 Tagen auf nur 7000 zurückgegangen war. Wenn der Gefrierprozeß durch Auftauen unterbrochen wurde, ging die Abnahme sehr viel schneller von statten. Durch Gefrierenlassen und dreimaliges Auftauen innerhalb 24 Stunden wurde die Zahl der Typhusbacillen von 40 000 auf 90 und nach 3 Tagen auf 0 reduziert. Montefusco[10] aber, welcher Typhusbacillen in verschiedenen Substraten, Bouillon, Kot und auch in Wasser, einige Tage hintereinander abwechselnd einer Kälte bis zu —10,15 ° C. und einer Wärme von 37 ° C aussetzte, fand, daß deren Vitalität und Virulenz unverändert bewahrt blieb.

Mitchell Prudden[1] hat bei seinen Versuchen auch die Widerstandsfähigkeit des Staphylococcus pyogenes aureus geprüft. Eine Suspension, welche, aus einer frischen Agarkultur hergestellt, in 1 ccm unzählige Keime aufwies, zeigte nach 66-tägigem Frieren noch 50000 lebensfähige Individuen, während eine alte, halbvertrocknete Agarkultur nach 7-tägigem Frieren vernichtet war.

Versuche über den Einfluß des Gefrierens auf sporenfreie und sporenhaltige Milzbrandbacillen in sterilisiertem Wasser sind von Frankland und Templeman[11] angestellt worden. In sterilisiertem Dundeewasser, welches mit einem Gemisch von Milzbrandbacillen und Milzbrandsporen infiziert war und 15 000 Kolonien im ccm lieferte, wuchsen, nachdem es innerhalb dreier Monate 29 mal bei —20 ° C. gefroren und während der Zeit zwischen den einzelnen Gefrierungen bei 9—15 ° C. im Dunkeln gehalten war, noch über 3000 Kolonien im ccm. Die zur Kontrolle aufbewahrte, nicht gefroren gewesene Probe ergab noch 17 000 Kolonien. Dundeewasser, mit sporenfreiem Milzbrand aus den Organen einer Maus infiziert, sodaß aus 1 ccm 8000 Kolonien wuchsen, lieferte nach einmaligem Frieren in 6 Platten, deren jede mit 1 ccm beschickt war, 9 Kolonien. 4 Platten waren steril, die fünfte enthielt 2, die sechste 7 Kolonien. In den Kontrollplatten waren 6,10, 136 und 236 Kolonien gewachsen. Nach 5 Tagen, als das Wasser zweimal zum Gefrieren gebracht war, konnten Milzbrandkeime nicht mehr daraus gewonnen werden, aber

auch das bei 10—12° C. aufbewahrte Kontrollwasser erwies sich jetzt als steril. Die Bacillen werden durch das Frieren vernichtet, die Sporen nicht.

Die zum Teil recht erhebliche Widerstandsfähigkeit der pathogenen Bakterien gegen das Gefrieren ist ein genügender Grund, um das Eis genau nach denselben Gesichtspunkten zu beurteilen, wie das Trinkwasser. Nur ein gegen jede Infektion geschütztes oder aber aus destilliertem Wasser hergestelltes Eis darf zu Genußzwecken oder auch zur Kühlung bei Verletzungen verwendet werden.

1) **T. Mitchell Prudden**, *On bacteria in ice and their relations to disease, with special reference to the ice supply of New York city, Medical Record* 1887 *March* 26, *April* 2. *Ref. in C. f. B.* (1887) 1. *Bd.* 650.
2) **Guido Bordoni-Uffreduzzi**, *Die biologische Untersuchung des Eises in seiner Beziehung zur öffentlichen Gesundheitspflege, C. f. B.* (1887) 2. *Bd.* 489.
3) **Carl Fraenkel**, *Ueber den Bakteriengehalt des Eises, Z. f. H.* (1886) 1. *Bd.* 302.
4) **Renk**, *Ueber das Verhalten der Cholerabacillen im Eise, Fortschritte der Med.* (1892) 396.
5) **R. Abel**, *Ref. d. Arbeit von Renk, C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 184.
6) **Uffelmann**, *Weitere Beiträge zur Biologie des Cholerabacillus, Einfluſs der Winterkälte auf seine Lebensfähigkeit, Berl. klin. Wochenschr.* (1893) *No.* 7, 158.
7) **Weiss**, *Ueber das Verhalten der Choleraerreger bei niedrigen Temperaturen, Z. f. H.* (1894) 18. *Bd.* 492.
8) **Schruff**, *ebenda.*
9) **M. W. Kasansky**, *Ueber den Einfluſs der Kälte auf die Cholerabakterien von Koch und ähnliche Vibrionen von Prior-Finkler, Miller, Deneke und die Vibrionen Metschnikoff, C. f. B.* (1895) 17. *Bd.* 184.
10) **Montefusco**, *Contributo alla biologia del bacillo del tifo, La Rif. med.* (1893) 155, *ref. C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 767.
11) **Frankland** *und* **Templeman** *s. in Microorganisms in water* 253.
12) **J. Karlinski**, *Ueber das Verhalten einiger pathogener Bakterien im Trinkwasser, A. f. H.* (1889) 9. *Bd.* 123.
13) **Bobrow**, *Ueber das Verhalten einiger pathogener Mikroorganismen im Wasser, Inaug.-Diss. Jurjew* (1893).

---

## IX. Einfluss des Lichtes auf die im Wasser befindlichen Bakterien.

Nachdem Downes und Blunt im Jahre 1877 die allgemeine Aufmerksamkeit auf die starken baktericiden Wirkungen des Lichtes, besonders des direkten Sonnenlichtes gelenkt hatten, hat eine große Zahl von Forschern aller Nationen sich mit dem Studium dieses wichtigen Agens beschäftigt. Durch diese Untersuchungen ist sichergestellt worden, daß das Licht, das diffuse Tageslicht sowohl wie das direkte Sonnenlicht, auf zahlreiche Organismen, nicht pathogene und auch pathogene, auf deren vegetative Formen sowohl wie auf deren Dauerformen, im trockenen Zustande wie im feuchten, einen deutlich schädigenden. bei genügend langer Einwirkung bis zur Abtötung gehenden Einfluß auszuüben vermag, daß dieser Einfluß deutlicher hervortritt bei Gegenwert von Luft als bei Abschluß derselben, und daß es besonders die grünen, blauen, violetten und ultravioletten Strahlen sind, denen die Wirkung zugeschrieben werden muß.

Fast alle diese Untersuchungen sind angestellt worden an Organismen, welche sich in oder auf Nährsubstraten befanden, nur einige wenige an solchen, deren umgebendes Medium Wasser war.

Buchner[1] war es, welcher in Gemeinschaft mit Minck zuerst umfangreiche Untersuchungen nach dieser Richtung hin angestellt hat und dabei zu wichtigen Ergebnissen gelangt ist.

Buchner brachte Münchener Leitungswasser — teils sterilisiert, teils nicht sterilisiert — in Glasgefäße verschiedener Art, Probierröhrchen, Kolben, Cylinder oder auch in große, flache, mit Oelanstrich versehene Blechgefäße, beschickte sie mit Typhusbacillen, Choleravibrionen, Bacillus coli communis, pyocyaneus, sowie mit verschiedenen Fäulnisbakterien und setzte dieselben teils im Zimmer, teils im Freien dem diffusen Tages- oder dem direkten Sonnenlichte aus. Stets wurde eine gleiche Kontrollprobe im Dunkeln gehalten.

Bei diesen Versuchen stellte sich nun heraus, daß das Sonnenlicht einen gewaltigen desinfizierenden Einfluß auf alle die genannten Bakterien ausübte. In einem Wasser, das zu Beginn des Versuches ca. 100000 Keime von Bacillus coli communis enthielt, waren schon nach 1-stündiger Exposition im direkten Sonnenlicht überhaupt keine Keime mehr durch das Plattenverfahren nachzuweisen.

Auch bei Einwirkung des diffusen Tageslichtes trat im Verlauf einiger Stunden stets eine bedeutende Abnahme, oft ein völliges Verschwinden der Keime ein.

Die ausführlicheren Protokolle wurden in einer späteren Arbeit[2] mitgeteilt. Nach diesen, um nur die für die Typhus- und Cholerabakterien gefundenen Zahlen mitzuteilen, waren in ungekochtem Leitungswasser, in unbedeckten Cylindergläsern zu $1^1/_2$ Liter Inhalt nach Zusatz von 15 ccm steriler 1-proz. Fleischextraktlösung und 2 ccm Bouillonkultur, die Typhusbacillen nach $2^1/_2$-stündiger Einwirkung direkten Sonnenlichtes im Freien von 30140 auf 0 reduziert, Choleravibrionen bei gleicher Versuchsanordnung durch $2^1/_2$-stündige Exposition bei diffusem Tageslicht im Freien und bei 20,0 bis 20,2 °

von 7200 auf 15
„ 7800 „ 24

vermindert.

Als zwei flache Blechgefäße von 0,25 qm Grundfläche, innen mit weißer Oelfarbe angestrichen, mit je 10 Liter auf 20° erwärmten Leitungswassers unter Zusatz von steriler Fleischextraktlösung gefüllt und mit filtrierter Bouillonkultur von Bacterium coli besät, das eine offen dem Licht exponiert, das andere durch einen übergestülpten Pappekasten dunkel gehalten wurde, war der Bacillus coli nach 1-stündiger Besonnung zwischen 12 und 1 Uhr

von 165 000 auf 0
„ 122 200 „ 0

reduziert, während in dem dunkel gehaltenem Gefäße die Zahl der Bacillen unverändert war.

Ein analoger Versuch mit Choleravibrionen, angestellt in den nämlichen Blechgefäßen, ergab ein ähnliches Resultat, doch erfolgte trotz 2-stündiger Einwirkung direkten Sonnenlichtes in der belichteten Probe keine völlige Vernichtung der Keime. Ein folgender Versuch mit Bacillus pyocyaneus ergab wieder völlige Abtötung.

In cylindrischen Steingutgefäßen von 50 cm Höhe, 18 Liter fassend, in gleicher Weise wie die Glascylinder mit Typhusbacillen infiziert und direktem Sonnenlicht exponiert zwischen 10 und 12 Uhr, sank die Zahl der Typhusbacillen in 2 Stunden

von 274 000 auf 6800
„ 28 000 „ 3800

Um zu sehen, bis zu welcher Tiefe das Licht im Wasser seine deletären Wirkungen zu entfalten vermöchte, verfuhr Buchner in anderer Weise. Er machte Nähragar flüssig, besäte es mit einer Bakterienart dicht, goß es in ein Doppelschälchen aus und ließ es darin in gleichmäßiger Schicht erstarren. Auf die Unterfläche der mit Deckel und ringförmigem Gummiband luftdicht verschlossenen Glasschale klebte er ein Kreuz oder Buchstaben aus schwarzem Papier und exponierte dann, die Unterfläche nach oben gerichtet, für 1 bis $1^1/_2$ Stunden dem direkten Sonnenlicht oder für 5 Stunden dem diffusen Tageslicht. Es zeigten sich die dem Lichte exponierten Organismen im Agar getötet, und es wuchsen nur die durch das aufgeklebte Papier vor der Lichteinwirkung geschützten.

Derartige Schälchen, bei welchen er ein Blechkreuz an Stelle des Papierkreuzes angebracht hatte, versenkte er am 14. September 1892 um 12 Uhr mittags bei klarem Wetter und bei einer Wassertemperatur von 25° C. in Abständen von 0,5 m in verschiedene Tiefen im Staremberger See. Nach $4^1/_2$ Stunden wurden die Platten herausgeholt, nach dem Laboratorium gebracht und im Wärmeschrank aufgestellt. Das Ergebnis war folgendes:

| Stand der Platten unter dem Wasserspiegel | Aussaat | Entwickelung der Kolonien im beschatteten Teil der Platte | Entwickelung der Kolonien im belichteten Teil der Platte |
|---|---|---|---|
| 0,1 m | Choleravibrio | sehr stark | keine |
| 1,1 „ | B. pyocyaneus | „ „ | „ |
| 1,6 „ | Typhusbacillus | „ „ | „ |
| 2,6 „ | B. pyocyaneus | entschieden stärker als im belichteten Teil | mäfsig stark |
| 3,1 „ | Typhusbacillus | ein wenig stärker als im belichteten Teil | stark |

Leider ist nicht zu allen Platten derselbe Organismus genommen, sodaß die Ergebnisse nicht direkt unter sich vergleichbar sind. So viel geht indes aus denselben hervor, daß in dem nicht ganz klaren Wasser bis 1,6 m Tiefe die Lichteinwirkung ebenso kräftig war wie außerhalb des Wassers. Auf Grund dieser Versuche hält Buchner die Lichteinwirkung für einen sehr wesentlichen Faktor bei der Selbstreinigung der Flüsse.

Bei der Untersuchung von Wasserproben, welche von derselben Stelle der Isar alle 1—2 Stunden von $6^1/_2$ abends bis $6^1/_2$ morgens entnommen waren, fand er vor Mitternacht geringere Zahlen, nach Mitternacht größere, was auf eine Vermehrung der Bakterien während der Nachtzeit hindeuten sollte. Ebenso fanden Neumeyer sen. und jun. bei wiederholten Prüfungen von Isarwasser 33 km unterhalb Münchens um 9 Uhr morgens stets höhere Zahlen als um 4 Uhr nachmittags, Befunde, welche Buchner auf die Lichtwirkung während des Tages zu deuten versucht. Ob in der That eine tägliche Periode des Keimgehaltes des Flußwassers existiert und ob diese durch die

Lichtwirkung hervorgerufen ist, diese Fragen lassen sich auf Grund der wenigen mitgeteilten Versuche natürlich nicht entscheiden.

Daß manche Keime auch von pathogenen Organismen dem diffusen Tageslicht ziemlich lange Widerstand leisten können geht aus den Versuchen Kruse's [3] hervor, welcher 20 Wasserproben mit Cholerabakterien beschickte — die Einsaat betrug 11 bis 15 Millionen in 400 ccm Wasser — und an die äußere Oeffnung eines nach Norden gehenden, hellen, vor direktem Sonnenlicht geschützten Fensters stellte. Zwei Kontrollproben wurden, in geschwärztes Papier sorgfältig eingewickelt, daneben gestellt. Jeden Tag wurden alle Proben einmal gründlich umgeschüttelt. Die Temperatur schwankte während des Versuches zwischen 15 und 30° C. Nach einer Woche, als die erste Prüfung angestellt wurde, erwiesen sich die Cholerabakterien in der einen belichteten Probe abgestorben, in der anderen aber nicht, ebensowenig in den beiden dunkel gehaltenen Kontrollen. Nach 14 Tagen waren die Cholerabakterien in sämtlichen Proben nicht mehr nachzuweisen. In zwei anderen bei 8 und 22° im Dunkeln gehaltenen Proben des einen, nach früheren Versuchen besser als das andere konservierenden Wassers gelang der Nachweis noch. Jedenfalls waren also in einer 8 Tage dem diffusen Tageslicht ausgesetzt gewesenen Choleraaufschwemmung noch lebende Cholerakeime vorhanden gewesen. Kruse schließt daraus, daß das Licht bei der Selbstreinigung der Flüsse wohl eine gewisse Rolle spielen möge, aber freilich eine praktisch recht beschränkte, besonders wegen der in den Flußwässern reichlich vorhandenen Trübungen.

Für die Richtigkeit der von Kruse geäußerten Ansicht scheinen auch die Versuche von Procaccini [4] zu sprechen, welcher cylindrische, 30 l fassende Glasgefäße von 60 cm Höhe und 25 cm Weite mit schmutzigem Kanalwasser füllte und teils den senkrechten und schiefen, teils den senkrechten Strahlen allein aussetzte. Waren die Gefäße frei exponiert, so machte sich in kurzer Zeit ein deutlicher Einfluß der Strahlen durch Verminderung des Bakteriengehaltes bemerkbar, waren die schiefen Strahlen durch Umhüllen des Gefäßes mit Papier ausgeschlossen und nur die senkrechten wirksam, so fanden sich z. B. nach 3 Stunden Besonnung von den anfänglich an der Oberfläche, in der Mitte und am Boden vorhandenen 2100, 2103 und 2140 Keimen an der Oberfläche nur 9, in der Mitte 10, am Boden aber 2115. Das Licht hatte mithin nicht bis in 60 cm Tiefe gewirkt. Gleichwohl ist Procaccini der Ansicht, daß das Licht ein mächtiger Faktor bei der Selbstreinigung der Flüsse sei, weil durch die Strömung die tieferen Schichten immer zeitweise an die Oberfläche geführt und dadurch dem Lichte exponiert würden. Er empfiehlt sogar, da, wo nicht genügende Terrains für die Berieselung vorhanden seien, die Kanalwässer in weiten, niedrigen, mit weißem Cement ausgekleideten Bassins dem Sonnenlichte auszusetzen und dadurch zu desinfizieren.

Untersuchungen über die Einwirkung des Sonnenlichtes auf in Wässern suspendierte Diphtheriebacillen sind im Greifswalder hygienischen Institute von Gehrke angestellt worden. Diphtheriebacillen von Agarkulturen entnommen, welche in keimfreiem, destilliertem Leitungs- und Stadtgrabenwasser suspendiert dem direkten Sonnenlicht in Reagenzgläsern ausgesetzt wurden, waren je nach der Intensität des Lichtet in 2 bis 8 Stunden abgetödtet. Die Abtödtung erfolgte stets schneller in dem destillierten Wasser als in den natürlichen Wäs-

sern. In dem keimreichen, gelblich gefärbten Stadtgrabenwasser hielten sie sich relativ am längsten. Wurden zur Einsaat Aufschwemmungen der Bacillen in Bouillon verwandt, und zwar 1 ccm Bouillon auf 10 ccm Wasser, so waren nach 7-stündiger Besonnung Aussaaten in flüssiges Nähragar von je 1 ccm des besonnten destillierten und Leitungswassers steril. Ein Kubikcentimeter Stadtgrabenwasser, welches einen Zusatz von 2425000 Keimen pro ccm erhalten hatte, lieferte noch 150 Kolonien. Als nun sämtliche besonnte Proben bei Zimmertemperatur in der heißesten Jahreszeit im dunkeln aufbewahrt, nach 13 Tagen wiederum untersucht wurden, zeigte es sich, daß inzwischen in sämtlichen, auch in den scheinbar steril gewesenen Röhrchen, eine starke Vermehrung der Diphtheriebacillen stattgefunden hatte. Es müssen daher in dem besonnten destillierten und Leitungswasser einige Keime am Leben geblieben sein, welche im Dunkeln sich allmählich von der schädigenden Einwirkung des Sonnenlichtes wieder erholt und, da Nährmaterial ihnen zur Verfügung stand, sogar vermehrt haben.

Sehr zahlreiche Versuche sind über die Einwirkung des Lichtes auf in Wasser suspendierte Milzbrandsporen angestellt worden. Im Jahre 1885 hatte Arloing[5] die überraschende Beobachtung mitgeteilt, daß Milzbrandsporen, in Hühnerbouillon suspendiert, nach 2-stündiger Besonnung sich nicht mehr entwickelten, wohl aber noch Milzbrandbacillen. Straus wiederholte den Versuch, indem er Sporen teils in sterilisiertem, destilliertem Wasser, teils in Bouillon der Sonne exponierte. Die Bouillonsporen wuchsen nicht aus, wohl aber die im Wasser suspendiert gewesenen bei Einsaat in frische Bouillon. Straus meinte deshalb ebenso wie Nocard, daß die Sporen in der Bouillon ausgekeimt und dann getötet seien, ein Einwand, welchen Arloing[6] dadurch widerlegte, daß er sporenhaltige Bouillon bei einer Temperatur hielt, bei welcher die Sporen nicht auszukeimen vermögen. Im übrigen konstatierte auch er, daß im Wasser die Sporen erst nach 16-stündiger Besonnung abstarben. Roux[7] führte dann den Nachweis, daß in Bouillon befindliche Sporen nach 2-stündiger Besonnung nicht etwa abgestorben waren, sondern daß die Bouillon selbst durch die Besonnung, vermutlich durch Oxydation der in derselben enthaltenen Kohlehydrate, so verändert war, daß die Sporen nicht mehr in derselben auszukeimen imstande waren. In derselben besonnten Bouillon, welche die Auskeimung der Sporen verhinderte, wuchsen die vegetativen Formen, die Bacillen, ganz kräftig. Abgetötet waren die Sporen in Bouillon bei Gegenwart von Luft erst nach 29—53 Stunden, bei Abschluß der Luft noch nicht nach 83-stündiger Besonnung.

Momont[8] fand bei seinen Versuchen, daß die Milzbrandsporen im Wasser bei Gegenwart von Luft nach 44-stündiger und ohne Luft erst nach 110-stündiger Besonnung abgestorben waren.

Kruse[9], welcher nach dem Vorgange Pansini's Milzbrandsporen in destilliertem Wasser im hängenden Tropfen der Sonne aussetzte, fand ihre Zahl, welche im Beginn des Versuches 8000 betrug, nach 1 Stunde auf 108, nach 1½ Stunden auf 26 und nach zwei Stunden bereits auf 0 reduziert.

Percy Frankland[10] endlich stellte eine umfangreiche Untersuchungsreihe an über den Einfluß des Lichtes auf Milzbrandsporen, welche in unsterilisiertem, durch Filterpapier, durch Porzellan filtriertem

und in Dampf sterilisiertem Wasser suspendiert waren, hinsichtlich ihrer Vitalität und Virulenz.

Das unfiltrierte und durch Papier filtrierte Themsewasser, über 6 Monate dem diffusen Tageslicht ausgesetzt, tötete Mäuse bei Injektion von 1 ccm nicht an Milzbrand, wohl aber das porzellanfiltrierte und dampfsterilisierte. Eine nach Zusatz von Bouillon aus dem nicht filtrierten Wasser gewonnene Kultur aber tötete prompt. Bei direkter Besonnung

| | waren die Sporen lebend | abgestorben |
|---|---|---|
| im unfiltrierten Themsewasser | nach 56 Stunden | nach 84 Stunden |
| „ papierfiltrierten „ | „ 92 „ (fast abgestorben) | „ 151 „ |
| „ porzellanfiltriert. „ | nach 56 Stunden | „ 84 „ |
| „ dampfsterilisiert. „ | „ 56 „ | „ 84 „ |

Bei einem Vergleich der von den verschiedenen Autoren gefundenen Zeitdauer der Abtötung der Milzbrandsporen in Flüssigkeiten durch die Sonne ergiebt sich das bemerkenswerte Resultat, daß die Sporen, im Wasser suspendiert, der Besonnung länger widerstehen als in Kulturflüssigkeiten, eine Thatsache, welche auch von Kruse neuerdings bestätigt ist. In Kruse's, bereits im Juli 1890 in Neapel angestellten vergleichenden Versuchen waren die in 2 ccm Bouillon und auch in 20-fach verdünnter Bouillon suspendierten Sporen bereits nach $4^1/_2$-stündiger, in destilliertem Wasser aber erst nach 10-stündiger Besonnung abgetötet. Die absoluten Zahlen über die Zeitdauer, in welcher die Abtötung erfolgt, differieren innerhalb weiter Grenzen. Die Intensität des Lichtes, die Menge der in dem gleichen Flüssigkeitsvolumen suspendierten Sporen, die Dicke der Flüssigkeitsschicht, die Temperatur und besonders aber die Widerstandsfähigkeit der Sporen an sich kommen dabei in Betracht. Daß namentlich die Widerstandsfähigkeit der Sporen außerordentlich, je nach ihrer Provenienz, variieren kann, ist bekannt. Die von Frankland benutzten Sporen waren bei 18—20° C. gezüchtet. Dieselben sind viel widerstandsfähiger als die bei 35—38° C. gezüchteten, wie Frankland bei einer vergleichenden Untersuchung beider Arten im Wasser unter Zusatz von Kochsalz bez. Natriumsulfat nachweisen konnte. Die bei 38° gewonnenen Sporen waren nach 3-stündiger Besonnung bei 1, 3 und 10 Proz. Zusatz von den genannten Salzen fast alle abgestorben, die bei 18—20° gewonnenen nicht. Nur in der Zahl etwas vermindert waren sie in dem Wasser mit Kochsalzzusatz. Selbst nach 21-stündiger Besonnung waren sie noch in den Lösungen, freilich in verringerter Zahl am Leben, nur in dem mit 10 Proz. Kochsalz versetzten Wasser waren sie abgestorben. Ein 10-proz. Kochsalzzusatz befördert daher ohne Zweifel die deletäre Einwirkung der Besonnung auf in Wasser suspendierte Milzbrandsporen.

Daß durch die Besonnung eine Abschwächung der im Wasser suspendierten Sporen vor deren Abtötung stattfindet, ist nicht erwiesen. Milzbrandbacillen in Bouillon werden nach den Versuchen von Arloing und Pansini sicher abgeschwächt. Ebenso werden Cholerabakterien in Bouillon nach 3—4 Stunden, in sterilisiertem, destilliertem Wasser (30 ccm + 3 ccm Bouillonkultur) sogar schon nach 2 Stunden Besonnung ihrer pathogenen Eigenschaften beraubt, wie Palermo[11] gefunden hat. Eine Abnahme der Zahl der Bakterien hatte in dieser Zeit nicht stattgefunden. Nach

6—7-stündiger Besonnung wurden sie nur bewegungslos, blieben aber entwickelungsfähig. Die mit diesen abgeschwächten Cholerabakterien behandelten Tiere erwiesen sich 8 Tage später gegen die doppelte tödliche Dosis virulenter Cholerabakterien immun.

Ueber die Art und Weise, wie die Wirkung der Belichtung auf in Flüssigkeiten befindliche Bakterien zu erklären ist, gehen die Ansichten noch auseinander. Daß es sich dabei um eine Oxydationswirkung handelt, darüber sind alle einig. Richardson sprach zuerst die Ansicht aus, daß bei der Besonnung eine Bildung von Wasserstoffsuperoxyd stattfände und daß dieses der wirksame Körper sei, weil er in besonntem Urin diesen Körper fand und weil er die desinfizierende Wirkung des Lichtes durch Zusatz von Wasserstoffsuperoxyd zerstörenden Körpern aufheben konnte. Diese Auffassung wird auch von Dieudonné[12] geteilt. Kruse fand zwar auch Wasserstoffsuperoxyd in besonnten Nährböden und Wässern, er meint gleichwohl, daß nicht das Wasserstoffsuperoxyd, sondern andere, eigenartige, bei der Besonnung neu gebildete Stoffe als das wirksame Agens anzusehen seien. In seinen Versuchen war die Menge des gebildeten $H_2O_2$ im Wasser erheblicher als in den Nährlösungen. Gleichwohl aber zeigten nach vorgängiger Besonnung nur die Bouillon oder Pepton oder Pepton und Zucker enthaltenden Nährlösungen, nicht aber die Wässer entwickelungshemmende und baktericide Eigenschaften gegenüber später in diese besonnten Flüssigkeiten eingesäten Bakterien.

Nach Duclaux[13] und Roux sind es die Glycosen in der Bouillon, welche die entwickelungshemmende und baktericide Wirkung derselben nach Besonnung bedingen, nach Kruse kompliziert gebaute Stickstoffverbindungen des Fleischsaftes bez. das Pepton selbst.

Wenngleich nun der Veränderung des Nährbodens eine gewisse Bedeutung bei der Belichtung unzweifelhaft zukommt, so tritt dieselbe doch nach den Versuchen Dieudonné's gegenüber der direkten Schädigung der Bakterien durch das Licht in den Hintergrund. Die blauen, violetten und ultravioletten Strahlen schädigen direkt das lebende, farblose Protoplasma der Bakterien.

1) **H. Buchner**, *Ueber den Einfluſs des Lichtes auf Bakterien, C. f. B.* (1891) 11. *Bd.* 781.
2) **H. Buchner**, *Ueber den Einfluſs des Lichtes auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse, A. f. H.* (1893) 17. *Bd.* 179.
3) **W. Kruse**, *Kritische und experimentelle Beiträge zur hygienischen Beurteilung des Wassers, Z. f. H.* (1894) 17. *Bd.* 1.
4) **R. Procaccini**, *Influenza della luce solare sulle acque di rifiuto, An. dell' Ist. d'ig. sperim. di Roma* (1893) *Vol. III* 437.
5) **Arloing**, *Influence du soleil sur la végétabitité des spores du Bacillus anthracis, Comptes rendus de l'Académ.* 24. *Août.* 1885 *T.* 101, 511.
6) **Arloing**, *Les spores du B. anthracis sont réellement tuées par la lumière solaire, C. R.* (1887) *T.* 104, 701.
7) **Roux**, *De l'action de la lumière et de l'air sur les spores de la bactéridie du charbon, A. P.* (1892) *Vol. I* 445.
8) **Momont**, *Action de la dessication, de l'air et de la lumière sur la bactéridie charbonneuse filamenteuse, A. P.* (1892) *T. VI* 21.
9) **W. Kruse**, *Ueber die hygienische Bedeutung des Lichtes, Z. f. H.* (1895) 19. *Bd.* 313.
10) **Percy Frankland**, *Experiments on the vitality and virulence of sporiferous Anthrax in potable waters, Proc. Roy. Soc.* (1893) *Vol. LIII* 204; *Microorganisms in water* (1894) 375.
11) **Gi. Palermo**, *Azione della luce solare sulla virulenza del bacillo del cholera, An. dell. Ist. d'igi. sperim. di Roma* (1893) *Vol. III* 463.
12) **Dieudonné**, *Beiträge zur Beurteilung der Einwirkung des Lichtes auf Bakterien, Bedeutung*

*des Wasserstoffsuperoxyds für die bakterientötende Kraft des Lichtes, Arb. a. d. Kais. Ges.-Amte* (1894) 405 *u.* 537.
13) **Duclaux**, *Analogies entre les procès de fermentation et de combustion solaire, A. P.* (1893) 7. *Bd.* 751.

---

# X. Verhalten der Mikroorganismen im kohlensäurehaltigen Wasser und in natürlichen Mineralquellen.

Das Wasser wird sehr häufig in der Form von kohlensauren Wässern genossen. Es ist deshalb von hohem Interesse, zu wissen, wie sich die im Wasser vorkommenden Mikroorganismen und im besonderen die pathogenen Arten darin verhalten.

Leone[1], welcher im hygienischen Institute zu München diesbezügliche Versuche unternahm, fand, daß im kohlensauren Wasser sich die Zahl der Keime nicht vermehrte, wie in dem gleichen natürlichen Wasser, sondern daß im Gegenteil die Zahl mit der Zeitdauer des Lagerns abnahm, von 186 im ccm

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| nach | 5 | Tagen | auf | 87 |
| „ | 10 | „ | „ | 30 |
| „ | 15 | „ | „ | 20. |

Gefäße und Stopfen waren vorher sterilisiert worden. Daß weder der Druck noch der Mangel an Sauerstoff die Ursache der Abnahme sein konnte, ergab sich aus Kontrollversuchen, beim einfachen Durchleiten von $CO_2$ ohne Druck, und beim Durchleiten von Wasserstoff anstatt von $CO_2$. Im ersteren Falle nahmen die Keime gleichfalls ab, im zweiten dagegen vermehrten sie sich. Das schädigende Moment mußte demnach die $CO_2$ an sich sein.

Sohnke[2] kam zu ähnlichen Ergebnissen. In Selterwasser, welches frisch aus destilliertem Wasser hergestellt war, fand er stets eine geringe Anzahl von Keimen (10—30 in 1 ccm), in Flaschen mit Korkverschluß auch einige Schimmelpilze; bei längerem Lagern verringerte sich die Zahl der Keime. (3 Proben, welche 3—4 Jahre gelagert hatten, erwiesen sich als steril.) In mit Kohlensäure imprägniertem Brunnenwasser sah Sohnke nach einigen Tagen eine Verminderung der Keime bis auf die Hälfte eintreten. Bei gleichzeitigem Zusatze von verschiedenen Salzen steigerte sich die Zahl der Mikroorganismen.

Pfuhl[3] fand in dem Selterwasser zweier verschiedener Fabriken, welche dasselbe Wasser benutzten — Altonaer Leitungswasser — in einer Flasche der einen Fabrik 20000, in den Flaschen der anderen nur 80—100 Keime in ccm.

Hochstetter[4] untersuchte 24 Flaschen Selterwasser aus 5 verschiedenen Fabriken und fand sie meist sehr keimreich; die Zahlen schwankten zwischen 73 Keimen und unzählbaren pro ccm. Die aus dem Selterwasser auf den Platten zur Entwickelung gekommenen Kolonien waren weitaus zum größten Teile die Gelatine festlassende Arten. Die Flaschen mit Patentverschlnß zeigten durchschnittlich eine geringere Keimzahl als die mit Korkverschluß.

Bei mehrtägigem Lagern zeigten sich zwar nicht unbeträchtliche Schwankungen im Keimgehalt, doch ließ sich darin keinerlei Regelmäßigkeit erkennen. Auch in monatelang aufbewahrtem Selterwasser — 6 Flaschen wurden erst nach 203—206 Tagen untersucht — zeigten sich große Differenzen in der Keimzahl, welche zwischen ganz vereinzelten und über 100000 schwankte. Eine allmähliche Abnahme der Keime fand demnach nicht statt, im Gegenteil Hochstetter hatte den Eindruck, als ob vielfach eine Zunahme derselben erfolgt wäre. Die abweichenden Ergebnisse von Leone und Sohnke erklärt sich Hochstetter durch die geringe Zahl der von jenen angestellten Untersuchungen bez. durch ungenügend lange Beobachtung der Platten. Die Entwickelung der Keime aus dem Selterwasser war häufig eine sehr langsame, sodaß in Platten, welche nach 3—4 Tagen nahezu steril erschienen, nach weiteren 3—4 Tagen oft noch viele Tausende ganz kleiner Kolonien zum Vorscheine kamen.

Zu denselben Resultaten, wie Hochstetter, kamen auch Merkel[5] und Reinl[6] bei der Untersuchung länger aufbewahrter Selterwasserproben: bald war die Zahl der Keime gering, bald war sie groß. Die häufig konstatierte große Zahl der Keime in einem aus keimarmem Wasser hergestellten Selterwasser führt Merkel darauf zurück, daß das Wasser meist nicht gleich nach der Entnahme verarbeitet, sondern häufig in Reservoiren angesammelt würde, in welchen dann die Zahl der Keime durch Verunreinigung oder auch durch Vermehrung der wenigen anfänglich vorhandenen erhöht würde.

Hochstetter studierte nun zunächst die Arten der aus Selterwasser wachsenden Keime. In der Regel waren auf den Platten nur wenige verschiedene Arten vertreten, von denen stets die eine die anderen weitaus an Anzahl der Kolonien übertraf. Im übrigen war eine ziemliche Mannigfaltigkeit zu konstatieren. Die Mehrzahl der Kolonien bestand aus Bacillen, geringer an Zahl waren die Mikrokokken, am wenigsten häufig waren Hefe-, ziemlich häufig Schimmel-Kolonien.

Da Hochstetter eine Vermehrung von Keimen im Selterwasser nicht sicher zu konstatieren vermochte, so mußte die große Zahl der Keime, welch häufig gefunden wurde, von dem Keimgehalt des verwendeten Wassers herrühren. Da nun aber ein keimarmes Wasser gewöhnlich erst nach mehrtägigem Stehen zur Selterwasser bereitung verwandt wird, während dieses Zeitraumes also eine Vermehrung der harmlosen Wasserbakterien stattgefunden haben kann, so folgt, daß auf die quantitative bakteriologische Untersuchung des künstlichen Selterwassers kein Wert zu legen sei, möge dieselbe eine große oder eine kleine Keimmenge ergeben.

Von Wert konnte demnach nur sein die Untersuchung auf pathogene Organismen. Hochstetter hat nun das Verhalten von 8 pathogenen (außerdem von 5 nicht pathogenen) Arten näher untersucht, indem er Kulturen derselben mit Hilfe einer besonderen Spritze durch den Korken in das Innere der mit Selterwasser gefüllten Flaschen einspritzte und durch Hin- und Herrollen, sowie durch kräftiges Schütteln damit vermischte. Die Flaschen wurden liegend bei 10 bis 17 ° C. aufbewahrt. Aus verschiedenen mit demselben Organismus

infizierten Flaschen wurden zu verschiedenen Zeiten Proben entnommen und ausgesät. Aus jeder Flasche wurde nur eine Probe entnommen, weil die einzelnen Flaschen bei der Probeentnahme unter vorsichtiger allmählicher Verringerung des Ueberdruckes geöffnet werden mußten.

Es betrug nun die Lebensdauer:

der Cholerabacillen längstens 3 Stunden,
der Finkler-Prior'schen Bacillen längstens 4 Stunden,
der Typhusbacillen längstens 5 Tage,
der Milzbrandbacillen längstens 1 Stunde,
der Milzbrandsporen 154 Tage — so lange währten die Versuche.

Der Micrococcus tetragenus lebte sicher 4 Tage, vielleicht 8 Tage, sicher tot war er nach 11 Tagen. Der Bacillus der Kaninchenseptikämie war zwischen $^1/_2$ Stunde und 1 Tage abgestorben. Ein für Meerschweinchen und andere Tiere bei Fütterung pathogener Bacillus blieb 21 Tage lebensfähig, die Sporen des Aspergillus flavescens 56 Tage — weiter wurde dieser Versuch nicht verfolgt.

Von den nicht pathogenen Organismen starb die Rosahefe zwischen 8 und 10 Tagen ab, der grüne fluorescierende Bacillus zwischen 11 und 14 Tagen, der Micrococcus aurantiacus zwischen 16 und 18 Tagen und ein aus altem Selterwasser gewonnener gelber Bacillus zwischen 33 und 77 Tagen.

Auf Grund dieser Versuche gelangte Hochstetter zu dem Schlusse, daß eine Verbreitung von Infektionskrankheiten durch den Genuß künstlichen Selterwassers möglich ist.

Da die Cholerabacillen nie von einem Tage bis zum anderen lebensfähig gefunden sind, so kann unter starkem Druck stehendes Selterwasser, welches mehrere Tage gelagert hat, in Cholerazeiten ohne Gefahr einer Infektion getrunken werden.

Eine Typhusinfektion kann aber durch ein mit Typhusbacillen verunreinigtes Selterwasser sehr wohl hervorgerufen werden, da diese Bacillen bis zu 5 Tagen von Hochstetter lebend gefunden sind. Auch Griewank (l. s. c.) fand dieselben in künstlich infiziertem Selterwasser nach 3 Tagen noch in großer Zahl, nach 5 Tagen aber nicht mehr. Es liegt denn auch in der That eine diesbezügliche Beobachtung vor. Bei einer Typhusepidemie in Mainz im Jahre 1884 glaubte Helwig[7] die Infektion auf den Genuß eines Selterwassers zurückführen zu müssen, zu dessen Fabrikation ein höchst wahrscheinlich mit Typhusdejektionen verunreinigtes Brunnenwasser benutzt war.

Mit Recht betont Hochstetter, daß der Nachweis der Typhusbacillen in der Praxis bei derartigen Fällen kaum jemals wird erbracht werden können. Der Verdacht entsteht meist erst zu einer Zeit, wo kein Selterwasser von der verdächtigen Lieferung mehr vorhanden sein wird oder, wenn dies auch der Fall sein sollte, die Keime darin bereits abgestorben sein würden.

Das die Abtötung der Mikroorganismen bedingende Moment im Selterwasser ist allein die $CO_2$. Bei dem hohen Druck von 2 Atmosphären, welcher nach einer Messung dem Drucke in den Selterwasserflaschen entsprach, aber bei Verwendung von Luft an Stelle von $CO_2$ blieben die Cholerabakterien bis zur letzten, nach 7 Tagen

ausgeführten Untersuchung, in Berliner Leitungswasser lebensfähig, nur hatte sich ihre Zahl vermindert.

Nach den Untersuchungen von A. Certes[8] sind manche Mikroorganismen imstande, einen enorm hohen Druck, bis zu 500 Atmosphären, ohne Schaden zu vertragen. Selbst ein Druck von 600 Atmosphären, 24 Stunden lang ausgeübt, vermochte weder die Virulenz noch die Entwickelungsfähigkeit der Milzbrandbacillen zu beeinträchtigen.

In Selterwasser, aus welchem die $CO_2$ durch Kochen ausgetrieben war, waren die Cholerabacillen noch nach 66 Tagen in großer Zahl lebensfähig. In sterilem, mit Cholerabakterien infiziertem Leitungswasser dagegen, durch welches $CO_2$ in konstantem Strome hindurchgeleitet wurde, waren diese nach 3 Stunden bez. zwischen 28 und 48 Stunden abgestorben, nur in einem Versuche waren sie bei allerdings mehrfach unterbrochener $CO_2$-Durchleitung am 4. Tage noch nicht sämtlich, wenn auch zum größten Teile abgestorben. Je konzentrierter die Lösung der $CO_2$ in den betreffenden Flüssigkeiten, um so schneller erfolgt das Absterben.

Die Ergebnisse Hochstetter's stehen im vollen Einklange mit den Ergebnissen, welche Percy Frankland[9] hinsichtlich der Einwirkung der $CO_2$ auf das Wachstum der Cholerabakterien in Gelatine, C. Fraenkel[10] bei seinem eingehenden Studium über die Einwirkung der $CO_2$ auf die Lebensfähigkeit zahlreicher pathogener wie nicht pathogener Mikroorganismen, und Slater[11] bei der Prüfung zahlreicher künstlich mit $CO_2$ imprägnierter Wässer gewonnen hat. Bestätigt und erweitert sind sie ferner durch die interessanten Studien von Scala und Sanfelice[12], welche den Einfluß geringer Mengen von $CO_2$, wie solche in den Wässern vorkommen, und den Einfluß größerer Mengen derselben unter Druck in Siphons auf Cholera-, Typhus-, Milzbrand-, Kaninchen-Septikämie-Bacillen und auf den Staphylococcus aureus und albus untersucht haben.

Geringe Mengen von $CO_2$ — 0,093 bis 0,2065 in 100000 Teilen Wasser — erwiesen sich als indifferent, größere — 0,5050 bis 0,825 — schädigten nur die Cholera- und Milzbrand-Bakterien, sodaß sie am 3. Tage abgestorben waren, während sie sich als indifferent erwiesen gegenüber den übrigen Organismen. Sie fanden ferner, daß in Siphons mit Soda- und Selterwasser der Bacillus subtilis stark geschädigt wurde — er zeigte eine vakuoläre Degeneration, unregelmäßige Form und sehr geringe Beweglichkeit — nicht aber der Proteus vulgaris. Die Sporen von Bacillus subtilis und anthracis wurden in Wasser und Bouillon durch $CO_2$ nicht angegriffen, aber verhindert auszukeimen.

In Siphons konstatierten sie in längeren, etwa 14-tägigen Zwischenräumen eine Vermehrung der Keime, wie sie glauben, als Folge der mit dem Entnehmen von Flüssigkeit verbundenen Druckabnahme, und später dann wieder eine Abnahme der Zahl.

## Die Bakterien in natürlichen Mineralwässern.

Ueber das Verhalten der Bakterien in den natürlichen Mineralwässern ist verhältnismäßig wenig bekannt.

Grandhomme[13] fand das Wasser der kohlensäurereichen Quelle Warmbrunn in Soden in mehreren Proben keimfrei, v. Malapert-Neufville[14] im Mineralwasser von Schlangenbad 0–51 Keime, in

den Mineralquellen von Schwalbach 16—118, im Mineralwasser zu Soden 7—20 und im Mineralwasser zu Weilbach 16—25.

Daß die Schwefelquellen, selbst bei Temperaturen von über 50° C., Schwefelorganismen enthalten, ist bereits früher (S. 560) erwähnt. Sie führen aber auch wirkliche Bakterien.

Certes und Garrigon[15] konnten in dem Sprudel von Luchon, dessen Temperatur 64° C. beträgt, kleine, bewegliche und längere, unbewegliche Stäbchen nachweisen, und Justyn Karlinski[16] gelang es, aus den durch einen beträchtlichen Gehalt an Glaubersalz, Chloriden, doppeltkohlensaurem Kalk und freier Kohlensäure (4,946 : 10000) charakterisierten Schwefelthermen von Ilidze in Bosnien, deren Temperatur 51° bez. 58° C. beträgt, zwei Bakterienarten zu isolieren. Die eine, „Bacterium Ludwigi" von ihm benannt, wächst auf Kartoffelscheiben, Hammelblutserum, 3-proz. Nähragar als gelber saftiger Rasen. Ihr Temperaturoptimum liegt zwischen 55 und 57° C., erst bei 80° C. hört sie auf zu wachsen. In dem durch ein Chamberland'sches Filter filtrierten Ilidze-Wasser bewahrt sie ihre Lebensfähigkeit bei 50° C. unbegrenzte Zeit, während ihre Kulturen bei Zimmertemperatur sie schnell verlieren.

Die zweite Art, dünne, mit einer Kapsel versehene Stäbchen, deshalb von Karlinski Bacillus Ilidzensis capsulatus benannt, bildet auf den genannten Nährböden kreisrunde, weiße Kolonien. Die Stäbchen wachsen am besten bei 59—60° C. Bei 68° bildeten sie glänzende Sporen in der Mitte, welche der Einwirkung des strömendem Dampfes von 100° C. durch 4 Minuten standhielten.

Eine dritte Stäbchenart wuchs schon bei Zimmertemperatur, auf Gelatine und Agar mattweiße Kolonien, auf Kartoffelscheiben einen lichtbraunen Rasen bildend, jedoch auch noch bei 50—58° C., bei höheren Temperaturen aber nicht.

Alle 3 Arten erwiesen sich als nicht pathogen. Ihre Zahl war stets eine sehr geringe, von Bacterium Ludwigi z. B. höchstens 20 pro ccm.

1) **C. Leone**, *Untersuchungen über die Mikroorganismen des Trinkwassers und ihr Verhalten in kohlensauren Wässern, aus dem italienischen Manuskript übersetzt von Dr.* **v. Sehlen.** *A. f. H.* (1886) 4. *Bd.* 168.

2) **J. Sohnke.** *Die Bakterienfrage in Bezug auf künstliche Mineral- und kohlensaure Wässer, Zeitschr. für Mineralwasser-Fabrikation* (1886) 2. *Jahrgang No.* 22 *u.* 23, *cit. nach Hochstetter.*

3) **Pfuhl,** *Aus dem Garnison-Lazarett Altona, bakterioskopische Untersuchungen im Winter* 1884/85, *Deutsch. militärärztliche Zeitschrift* (1886) 15. *Jahrg.* 1. *Heft, cit. nach Hochstetter.*

4) **M. Hochstetter,** *Ueber Mikroorganismen im künstlichen Selterwasser etc., Arb. a. d. Kais. Ges-Amte* (1887) 2. *Bd* 1.

5) **Merkel,** *Ueber den Wert der bakteriologischen Untersuchungsmethode bei der Untersuchung von Trink- und Nutzwässern, Bericht über die* 5. *Versammlung der freien Vereinigung Bayrischer Vertreter der angewandten Chemie zu Nürnberg* 1886, *Berlin* 1887, 38, *cit nach Frankland.*

6) **Reinl,** *Die gebräuchlichsten kohlensäurehaltigen Luxus- und Mineralwässer vom bakteriologischen Standpunkte aus betrachtet und der Einfluſs der Füllungsweise auf den Keimgehalt derselben. Wien. med. Wochenschrift* (1888) *No.* 22, 23.

7) **Helwig,** *Die Typhus-Epidemie in Mainz im Sommer* 1884, *Mainz* 1885.

8) **A. Certes,** *De l'action des hautes pressions sur la vitalité des micro-organismes d'eau douce et d'eau de mer., Extrait des Comptes rendus et Mémoires de la Société de Biologie (Séance du* 5 *avril* 1884), *Paris* 1884, *cit nach Hochstetter* 21.

9) **Percy Frankland,** *On the influence of carbonic anhydride and other gases on the development of microorganisms, Proc Roy. Soc. Vol. XIV* (1889) 292, *cit. nach Frankland, Microorganisms in water, Z. f. H.* (1889) 6. *Bd.* 13.

10) **C. Fraenkel**, *Die Einwirkung der $CO_2$ auf die Lebensthätigkeit der Mikroorganismen. Z. f. H.* (1889) 5. *Bd.* 332.
11) **Slater**, *Investigation of artificial mineral waters, Journ. of Pathol. and Bacteriology Vol. I* (1893) 468, *cit. nach* *Frankland*.
12) **A. Scala** *e* **F. Sanfelice**, *Azione dell' acido carbonico disciolto nelle acque potabili su alcuni microorganismi patogeni, Estratto dal Bollettino della R. Accademia medica di Roma, Anno XVI* (1889—90) *Fasc.* 8.
13) **Grandhomme**, *cit. nach Tiemann-Gärtner* 493.
14) **von Malapert-Neufville**, *cit. nach Tiemann-Gärtner* 494.
15) **Certes** *und* **Garrigon**, *Comptes rendus T. CIII* 703, *cit. nach Karlinski.*
16) **Justyn Karlinski**, *Zur Kenntnis der Bakterien der Thermalquellen, H. R.* 5. *Bd.* (1895) 685.

---

# XI. Die Bakteriologie und die wasserreinigenden Verfahren und Apparate.

Ueberall da, wo nicht ein vor äußeren Verunreinigungen gesichertes Quellwasser oder ein keimfreies Grundwasser für die Wasserversorgung zur Verfügung steht, muß das für Trink- und Gebrauchszwecke in Anspruch genommene Oberflächenwasser, welches stets als infektionsverdächtig anzusehen ist, einer Behandlung unterzogen werden, durch welche es von etwaigen Infektionserregern mit Sicherheit befreit wird.

Die Beseitigung der pathogenen Organismen aus dem Wasser kann geschehen

1) durch Erhitzen,
2) durch Zusatz von Chemikalien,
3) durch Filtration,
4) durch Anwendung der Elektricität.

## 1. Erhitzen.

Alle in Betracht kommenden Keime gehen, wenn das Wasser auf 100° erhitzt wird, zu Grunde. Cholera- und Typhusbakterien sterben nach einer viertelstündigen Einwirkung von 60°, Milzbrandsporen, welche nur außerordentlich selten in Frage kommen werden, bei 100° nach 5—10 Minuten. Sobald also ein Wasser aufgekocht ist, ist es als nicht mehr infektionstüchtig anzusehen, ebenso natürlich destilliertes Wasser, welches für den Trinkbedarf auf Schiffen vielfach verwendet wird. Das Kochen des Wassers ist wegen der nicht unerheblichen Kosten, welche es verursacht, nur für den Kleinbetrieb durchführbar. Außerdem sind dabei einige andere Momente störend. Gekochtes Wasser bedarf einer längeren Zeit, um bis auf den für ein Trinkwasser erforderlichen Wärmegrad abzukühlen und um die beim Kochen ausgeschiedenen Salze abzusetzen. Im großen und ganzen wird das Kochen deshalb nur selten, zu Zeiten von Epidemien namentlich, sowie in Kriegszeiten, bei Expeditionen in fremden Gegenden, seitens der Truppen in Anwendung gebracht werden.

Um in einzelnen Familien, in geschlossenen Anstalten, Krankenhäusern, Kasernen, Gefängnissen ein zuverlässig unschädliches Wasser

schnell in genügender Quantität durch Erwärmen herstellen zu können, haben verschiedene Konstrukteure besondere Apparate hergestellt, bei welchen besonders auf die Empfehlung von Werner von Siemens nach dem Prinzipe des Gegenstromes das kalte Wasser zum Abkühlen des gekochten und damit zugleich das heiße zum Vorwärmen des kalten benutzt wird.

Ueber diese Apparate ist Näheres bereits S. 496 dieses Bandes mitgeteilt worden. Was die bakteriologische Untersuchung derselben anlangt, so wurde ein solcher, von W. von Siemens konstruierter Apparat, (welcher in der Stunde bis 30 Liter eines nur um 5,5 ° C. höher wie das zufließende Wasser temperiertes Wasser lieferte, von Rubner und Davids[1] geprüft und als zuverlässig befunden. Cholera- und Typhusbakterien wurden sicher darin abgetötet. Auch Schultz[2] sprach sich auf Grund einer sorgfältigen Prüfung des Apparates dahin aus, daß die Bacillen der asiatischen Cholera und des Abdominaltyphus nicht imstande sind lebend den Apparat zu verlassen, wenn das Wasser, wie es die Vorschrift besagt, während des Ablaufens im Kochtopfe dauernd kocht, ja, daß auch eine kurze Zeit dauernde Unterbrechung des Siedens die Vernichtung jener Keime nicht beeinflussen würde, weil er bei vielfachen solchen Unterbrechungen stets noch eine Temperatur von 80 ° C. im Kochtopfe gefunden habe. Ebenso bewährte sich ein von der deutschen Kontinental-Gasgesellschaft in Dessau hergestellten Apparat, welcher in 2 Minuten 1 Liter Wasser lieferte, bei der bakteriologischen Prüfung durch Laser[3]. Sobald das zu kochende Wasser eine Temperatur von 70—80 ° erreicht hatte, was nach $^3/_4$—1 Stunde der Fall war, erwies es sich keimfrei; nur Kolonien eines sporenbildenden Bacillus erschienen dann noch in dem ausfließenden Wasser. Plagge[4], welcher die Apparate von Grove und Fr. Siemens, Berlin, untersuchte, kam zu gleichen Ergebnissen. Leitungs- und Spreewasser wurde völlig sterilisiert, Gartenerde-Sporen, welche dem Wasser beigemengt waren, aber nicht abgetötet, wie zu erwarten war. (Plagge macht noch darauf aufmerksam, daß es notwendig ist, um dauernd keimfreies Wasser zu gewinnen, die Reinwasserwege zeitweise zu sterilisieren. Bei seinen Versuchen ließ er allwöchentlich siedendes Wasser einige Zeit durch den Apparat laufen, und es gelang ihm auf diese Weise, bei täglich 8—10 stündigem Betrieb und nächtlicher Unterbrechung, monatelang dauernd keimfreies Wasser zu gewinnen. Nur in der wärmeren Jahreszeit zeigten sich am Ende der Woche, am 6., ja zuweilen schon am 5. Tage in dem abfließenden Wasser große Mengen offenbar des Nachts hindurch gewachsener Keime. Er meint deshalb, daß unter solchen Umständen der Apparat 2 mal wöchentlich anzubrühen sein würde.)

Die Anwendung der Kälte, Gefrierenlassen des Wassers, kommt für die Gewinnung eines zuverlässig von infektiösen Keimen freien Wassers nicht in Betracht, da, wie wir gesehen haben, zahlreiche pathogene Organismen selbst wiederholtes Gefrieren und Wiederauftauen vertragen (s. Kap. VIII).

## 2. Zusätze von Chemikalien.

Eine überaus große Menge von Chemikalien ist für den beregten

Zweck empfohlen worden. Die Mehrzahl derselben bewirken großflockige, sich schnell absetzende Niederschläge, welche beim Absetzen die im Wasser suspendierten Bestandteile niederreißen und mit diesen auch die Bakterien. Sie bewirken mithin meist nur eine mechanische Klärung des Wassers. Vom hygienischen Standpunkte aus müssen wir verlangen, daß in erster Linie durch die Zusätze die pathogenen Organismen beseitigt werden. Selbstverständlich muß das Wasser trotz der Zusätze genießbar sein und nicht etwa mit gesundheitsschädlichen Stoffen beladen bleiben.

Nur wenige Stoffe vermögen diesen Anforderungen zu genügen.

### Kalk, Alaun, Eisensulfat und Kreide.

Nach den Untersuchungen von Liborius[5] werden in einer Aufschwemmung, bestehend aus 50 ccm kräftig entwickelter Typhus- bez. Cholera-Bouillonkultur + $1^1/_2$ l destillierten, sterilisierten Wassers, d. h. in einer Flüssigkeit, welche ungefähr 1 Million Typhusbacillen und ungefähr 14 Millionen Cholerabakterien enthielt, die Typhusbacillen durch einen anfänglichen Kalkgehalt von 0,0074 Proz., die Cholerabakterien durch einen anfänglichen Gehalt von 0,0246 Proz. Kalk im Laufe einiger (5—6) Stunden dauernd vernichtet.

Zu 400 ccm Typhusaufschwemmung waren 25 ccm Kalkwasser mit 0,1260 Proz. Calciumoxyd, zu 400 ccm Choleraaufschwemmung 100 ccm Kalkwasser mit 0,1232 Proz. Calciumoxyd zur Abtötung erforderlich gewesen. Zu 800 ccm Choleraaufschwemmung müßte man mithin 200 ccm Kalkwasser von 0,123 Proz. Calciumoxydgehalt hinzusetzen, 1 l der Mischung würde dann 246 mg CaO enthalten.

Ein so hoher Zusatz von Kalkwasser würde jedes Wasser ungenießbar machen.

Bei dem seit langer Zeit in England gebräuchlichen Verfahren von Clark wird höchstens der 4. Teil des von Libornius als notwendig erkannten Kalkes verwandt. Es wurden durch diesen Zusatz, wie Frankland[6] angiebt, nach 18-stündiger Sedimentierung die Bakterien im Themsewasser um 51 Proz., im Brunnenwasser um 99 Proz. vermindert. Eine unbedingte Sicherheit gegen Infektion mit Cholera gewährleistet dieses Verfahren, durch welches der Geschmack nicht unwesentlich verschlechtert wird, nicht.

Maignen hat eine Mischung von ungelöschtem Kalk, kohlensaurem Natron und Alaun zur Klärung des Wassers empfohlen. 0,5 g des Maignenschen Pulvers zu 1 l Wasser mit 1500 Keimen im ccm hinzugesetzt, bewirkte in Versuchen von A. und V. Babes[7] eine gute Sedimentierung. Nach 18 Stunden wurde das im kühlen Raume von 8—15° C. aufbewahrte Wasser klar und bakterienfrei, nach 24 Stunden aber wieder bakterienhaltig befunden.

Ein Zusatz von 0,3 Maignen'schen Pulvers und 0,01 Eisensulfat lieferte ein klares, bakterienfreies Wasser.

Bakterienreiches Wasser mit einem Zusatzes von 0,15 Alaun wurde klar und bakterienfrei und blieb es auch nach 2, 3 und 4 Tagen. Das Sediment enthielt nur geringe Mengen von Bakterien. Zusätze von äquivalenten Mengen von Schwefelsäure und Schlemmkreide (0,49 — 1,47 Schwefelsäure und 0,5—1,5 Kreide) gaben dem Wasser einen angenehmen Geschmack. Die Reaktion war schwach sauer von Schwefel- und Kohlen-

säure. Wenn das Wasser im Eisschrank aufbewahrt wurde, war es 3 Tage bakterienfrei, bei 28—31° aufbewahrt, aber nicht.

Sehr gute Resultate lieferte ein Zusatz von 0,25 Eisensulfat und 0,25 Kreide pro Liter Wasser. Die anfangs gelbe Flüssigkeit wurde nach dem Kreidezusatz klar und farblos, der Geschmack war angenehm, die Reaktion schwach sauer von der im Wasser gelösten Kohlensäure. Die Bakterien waren von 16 Stunden ab bis zum 4. Tage verschwunden. Erst am 5. Tage zeigten sich wieder einzelne Keime. Ueber das Verhalten der pathogenen Bakterien gegenüber den beiden von ihnen empfohlenen Zusätzen (0,15 Promille Alaun und 0,25 Promille Eisensulfat und Kreide) haben V. und A. Babes Angaben nicht gemacht.

Auf Veranlassung von Gruber hat Teich[8] das von Babes empfohlene Alaun-Verfahren nachgeprüft. Sowohl in großen Flaschen von 5,5—7,5 Liter als auch in dem Babes'schen 20 Liter fassenden Originalapparate lieferte das Verfahren nur ausnahmsweise keimfreies Wasser. Keimreichere Wässer namentlich, wie z. B. Donauwasser, wurden nicht keimfrei. Die Verminderung der Keimzahl hielt nur kurze Zeit an. Bald erfolgte wieder Vermehrung der Saprophyten. Die Typhusbakterien wurden durch das Verfahren nicht geschädigt und nicht mit Sicherheit vollzählig aus dem Wasser entfernt. Die Cholerabakterien wurden aus dem Wasser ausgefällt und auch getötet, vermutlich infolge der durch Alaunzusatz aus dem Calciumkarbonat des Wassers entwickelten Kohlensäure. Die Fällung und Abtötung der Cholerabakterien ging aber sehr langsam vor sich und war nach 24 Stunden noch nicht mit Sicherheit vollendet. Auch Kratschmer[9] gelang es nicht, keimfreies Wasser durch die Behandlung nach Babes zu erzielen. Zur Gewinnung eines von infektiösen Keimen freien Wassers ist demnach das Alaun-Verfahren nicht geeignet. Der Eisensulfat-Kreidezusatz ist, wie es scheint, bisher bakteriologisch gegenüber pathogenen Bakterien noch nicht geprüft worden.

### Eisenchlorid und doppeltkohlensaures Natron.

Ein Zusatz von Eisenchloridlösung in Verbindung mit doppeltkohlensaurem Natron wird von dem Preußischen Kriegsministerium[10] empfohlen. Zur Klärung von 100 l Wasser reichen 45—67,5 g Eisenchlorid und 20 bis 30 g doppeltkohlensaures Natron hin. Zuerst wird das Eisenchlorid, dann in der 20—30fachen Menge Wassers gelöst das doppeltkohlensaure Natron unter stetigem kräftigem Umrühren hinzugefügt. Der voluminöse Niederschlag bildet sich schnell und setzt sich schnell ab. Das Eisenchlorid muß vollständig zersetzt sein, daß Wasser darf daher mit gelbem Blutlaugensalz keine Blaufärbung geben. Ueber die Einwirkung dieses Verfahrens auf pathogene Bakterien liegen Mitteilungen nicht vor. Nach einer kurzen Notiz von Kirchner soll völlige Keimfreiheit durch dasselbe nicht erzielt werden. Eine Reihe von Versuchen, welche von Stabsarzt Stadthagen im Greifswalder hygienischen Institut angestellt worden sind, haben ergeben, daß durch das nach der Vorschrift der Kriegs-Sanitätsordnung ausgeführte Verfahren die Zahl der Keime zwar unmittelbar nach dem Absetzten des voluminösen Niederschlages in dem geklärten Wasser vermindert erscheint, weil eine Anzahl derselben mechanisch niedergerissen wird, daß aber eine völlige Keimfreiheit des Wassers niemals bewirkt wird. Eine Schädigung der Vitalität der Keime findet nicht statt. Kurze Zeit nach dem Absetzen ist die Zahl der Keime

nahezu ebenso groß, wie vorher, weil Niederschlagspartikelchen und mit ihnen die darin eingeschlossenen Keime durch Gasblasen in die Höhe gerissen werden. Ein mit Cholerakeimen versetztes Wasser wurde von diesen nicht befreit, selbst wenn größere Dosen von Eisenchlorid, als vorgeschrieben, eine halbe Stunde und länger vor ihrer Ausfällung auf das Wasser eingewirkt hatten. Das Verfahren ist daher für die Praxis nicht brauchbar. Es kann höchstens zur Klärung eines trüben, im übrigen aber nicht infektionsverdächtigen Wassers Verwendung finden. Im Feldzuge der Holländer gegen Atschin im Jahre 1874 soll sich die Mischung ausgezeichnet bewährt haben.

### Wasserstoffsuperoxyd.

van Hettinga-Tromp[11] empfahl zuerst das Wasserstoffsuperoxyd zur Sterilisierung von Wasser. Ein Gehalt von 1 : 10 000 sollte genügen, um Cholerabakterien in 5 Minuten, ein solcher von 1 : 5000, um Typhusbacillen in 1 Tage abzutöten.

Altehoefer[12], welcher auf Uffelmann's Veranlassung diese Angaben nachprüfte, fand aber, daß ein Zusatz von 1 ccm einer 9,7-proz. Wasserstoffsuperoxydlösung zu 100 ccm Wasser, also ein Zusatz von 1 : 1000 erst genügte, um Wasserbakterien, sowie Typhus- und Cholerabakterien mit Sicherheit nach 24-stündiger Einwirkung abzutöten. Der Gehalt der Wasserstoffsuperoxydlösung an Wasserstoffsuperoxyd muß sorgfältig kontrolliert werden. Der Geschmack des Wassers wird durch den Zusatz in keiner Weise verändert, auch ist der Genuß solchen Wassers durchaus unschädlich. Der Preis beträgt für 1 l 10-proz. Lösung 1,60 M., bei Abnahme von 10 l 1,20 M., mithin kostet 1 l sicher desinfizierten Wassers 1,6—1,2 Pfennig, ein Kostenaufwand, welcher bei dem Herrschen einer Epidemie kaum schwer ins Gewicht fallen dürfte. Das Mittel ist daher zweifelsohne als ein sehr wertvolles, vielleicht als das beste der bisher besprochenen anzusehen.

### Kupferchlorür.

B. Kröhnke[13] empfiehlt zur Desinfektion des Wassers das Kupferchlorür. Bei seinen mit Elbwasser angestellten Versuchen verwandte derselbe eine Lösung dieses Salzes in Chlornatriumlösung. Die Wirkung war eine solche, „daß das Wasser bei einem Zusatze von $^1/_{50000}$ schon nach 1-stündiger, von $^1/_{250000}$ schon nach 1- bis 3-stündiger, von $^1/_{800000}$ schon nach 8-stündiger und von $^1/_{1000000}$ schon nach 24-stündiger Einwirkung als völlig oder nahezu steril betrachtet werden konnte“.

Zur Beseitigung des Kupfers, wenn 1 Kupfer auf 155 000 Wasser in Lösung war, mischte er dem Wasser Eisenvitriol im Verhältnis von 1 : 50000 und darauf Kalk im Verhältnis von 1 : 80000 bei. Der entstehende Niederschlag setzte sich schnell ab. Oder aber er führte das Kupfer durch Schwefelalkali 1 : 500 000 zuerst in Schwefelkupfer über, „wodurch der Kalkzusatz auf 1 : 20 000 vermindert (?) wurde“, oder endlich er bewirkte die Ausscheidung durch Digerieren des Wassers mit frischem, aus Eisenvitriol mit Schwefelnatrium gefälltem Schwefeleisen und ließ dann noch einen Kalkzusatz folgen.

Es sollte noch eine Filtration durch Sand folgen zur größeren Sicherheit der Konsumenten. Als Betriebskosten berechnet er je nach der Anwendung des einen oder des anderen Entkupferungsverfahren 0,03 bis 0,08 Pfennig pro cbm.

Leider hat der Autor keine näheren Mitteilungen über die bakteriologische Prüfung seines Verfahrens gemacht. Versuche mit pathogenen Bakterien scheint er überhaupt nicht angestellt zu haben. Auch von anderer Seite ist eine Nachprüfung bisher nicht erfolgt.

### Chlorkalk und Natriumsulfit oder Calciumsulfit.

Vor kurzem hat weiter Moritz Traube[14] ein einfaches Verfahren bekannt gegeben, Wasser in großen Mengen keimfrei zu machen.

Das Verfahren, besteht darin, daß das Wasser mit geringen Mengen Chlorkalk und darauf mit Natrium- oder Calciumsulfit versetzt wird. Der Chlorkalk tötet die Bakterien, das Natrium- bez. Calciumsulfit verwandelt den nicht verbrauchten Chlorkalk in Natrium- bez. Calciumsulfat einerseits und in Chlorcalcium andererseits, beides Stoffe, welche meistens Bestandteile auch des normalen Trinkwassers bilden. Die Reaktion des behandelten Wassers ist völlig neutral.

Von einer 8 Tage in der Wärme faulenden Fleischflüssigkeit wurde zu Berliner Leitungswasser so viel hinzugesetzt, daß der Gehalt desselben an organischer Substanz 0,2 g im Liter betrug. Ein Zusatz von 0,000426 g Chlorkalk (enthaltend 0,0001065 g wirksames Chlor) machte 100 ccm dieses stark bakterienhaltigen Wassers in 2 Stunden (wahrscheinlich schon früher) steril. Zur Entfernung des nicht verbrauchten Chlorkalks war ein Zusatz von 0,000209 g Natriumsulfit erforderlich. Die Härte des Wassers stieg dadurch nur um 0,7 deutsche Härtegrade. Im ganzen würden zur Sterilisierung von 1 Million cbm Wasser nach Traube's Berechnung ca. 85 Centner Chlorkalk und ca. 40 Centner Natriumsulfit erforderlich sein. Versuche an pathogenen Bakterien hat Traube nicht angestellt. In den von Franz Nissen[15] über die desinfizierende Wirkung des Chlorkalkes angestellten Versuchen waren Typhusbacillen und Cholerabakterien in 4—5-fach mit Wasser verdünnter Bouillon erst bei einem Chlorkalkgehalt von 0,06 Proz. in 10 Minuten vernichtet, d. h. erst bei einem 141 mal höheren Chlorkalkgehalt, als Traube ihn für die Sterilisierung von Wässern empfiehlt. Versuche über die Einwirkung geringerer Konzentrationen bei längerer als 10 Minuten währender Einwirkung hat Nissen nicht mitgeteilt. Durch die Mitteilung von Traube angeregt, hat Kratschmer[9] einige Versuche mit Zusätzen von unterchlorigsaurem Kalk gemacht. Bei Zusatz von einer Menge dieses Körpers, welche 1 mg wirksamen Chlors pro Liter entsprach, waren sofort nach der Vermischung die Keime von Cholera und Typhus vernichtet. Aehnlich wirkte nach seiner Angabe auch das Bromwasser in gleicher Konzentration. Karlinski[16] empfahl auf der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte eine Kombination des Traube'schen Verfahrens mit einem mechanischen Filterverfahren zur Beseitigung gröberer Verunreinigungen und hoffte dadurch Leistungen zu erzielen, welche auch die strengsten Anforderungen an die Gefahrlosigkeit und Appetitlichkeit des Wassers zu erfüllen vermögen.

Sickenberger und Kaufmann[17] haben nicht den Chlorkalk, sondern das unterchlorigsaure Natron ($NaClO$) zur Sterilisierung von Wässern versucht, weil durch den Chlorkalkzusatz die Härte des Wassers vermehrt werde und weil andererseits die „Chlornatronlösung" leichter dosier-

bar sei. Sie erreichten bei einem Zusatze von 2 mg aktiven Chlors auf den Liter trüben Nilwassers (der doppelten Menge, welche Traube angegeben hatte) bei einer Einwirkungsdauer von einer halben Stnnde eine bedeutende Reduktion, bei Zusatz von 5 mg aktiven Chlors auf 1 Liter nach 5 Minuten eine Vernichtung sämtlicher Keime. Bei Zusatz von 2 bis 3 mg Chlor zu 1 Liter Wasser, das mehr als 10 Millionen Cholerabakterien enthielt, wurden in weniger als 5 Minuten sämtliche Cholerabakterien vernichtet. Da selbst die geringsten Spuren von Chlor und unterchloriger Säure dem Wasser einen widerwärtigen Geschmack verleihen, so muß auch bei Anwendung von unterchlorigsaurem Natron der nach Zerstörung der Bakterien übrig gebliebene Ueberschuß durch ein anderes chemisches Mittel beseitigt werden. Bassenge[18] hat auf Proskauer's Rat zur Reduktion des Chlors den käuflichen doppeltschwefligsauren Kalk, welcher eine Lösung von Calciumsulfit in wässeriger, schwefliger Säure darstellt, mit ausgezeichnetem Erfolge angewandt. Das empfindlichste Reagens auf noch im Wasser vorhandene Spuren von Chlor ist nach seiner Angabe die menschliche Zunge. Es ist dies praktisch besonders wichtig, weil die Menge des zuzusetzenden Sulfits nicht nur von der vorher zugesetzten Chlorkalkmenge, sondern auch von der Menge und Beschaffenheit des verwendeten Wassers abhängt. Die Menge des Zusatzes muß daher in jedem Falle mit Hilfe der Zunge ausprobiert werden. Als Anhalt kann die Feststellung dienen, daß 8 Tropfen der käuflichen, doppeltschwefligsauren Kalklösung, von welcher 14 Tropfen auf 1 ccm gingen, genügten, um in 0,5 Liter Wasser das nach Zusatz von 0,05 Chlorkalk (0,0163 aktivem Chlor) überschüssige Chlor vollständig zu entfernen.

Bassenge hat nun die Wirksamkeit des Traube'schen Verfahrens an einer großen Zahl von Wässern verschiedener Herkunft, Leitungswasser, Warthewasser, Spreewasser, Berliner Straßenjauche, mit Typhusbacillen, mit Bacterium coli und mit Cholerabakterien infiziertem Leitungswasser geprüft, durch Aussaaten von je 1 ccm des desinfizierten Wassers in Nährgelatine und in Bouillon. Es gelang ihm, die enorm stark infizierten Wässer mit Sicherheit keimfrei zu machen bei einem Gehalt an wirksamem Chlor von 0,0326 $^0/_{00}$ in 60 Minuten, von 0,0652 in 12 Minuten und von 0,0978 in 10 Minuten. Bei längerer Einwirkung vermindert sich die dazu nötige Chlormenge, z. B. bei 2 Stunden auf 0,0108 g Chlor. 0,0978 Chlor sind in etwa 0,15 g käuflichen Chlorkalks enthalten. Die einfache Vorschrift, welche die Herstellung unschädlichen Trinkwassers Jedem möglich macht, würde nach Bassenge lauten: „Eine kleine Messerspitze (ungefähr 1 g) Chlorkalk mit 30 bis 33 Proz. Chlorgehalt wird zu einer Menge von 5 Litern des bedenklichen Wassers gesetzt, dasselbe wird kräftig aufgeschüttelt und bleibt 12 bis 15 Minuten sich selbst überlassen. Danach wird tropfenweise so lange doppeltschwefligsaurer Kalk hinzugefügt, bis ein Chlorgeschmack oder Geruch nicht mehr wahrnehmbar ist".

Zu ähnlichen Ergebnissen ist Alois Lode[19] gelangt bei der experimentellen Prüfung des Traube'schen Verfahrens. Auch er fand, daß die von Traube angegebene Menge von 1 mg Chlor pro Liter praktisch zu gering ist, sondern etwa um das 30fache erhöht werden muß. Bei diesem Zusatze fand er in den in Betracht kommenden natürlichen Wässern alle vegetativen Formen von Mikroorganismen nach 10 Minuten abgetötet. In destilliertem Wasser war das Bacterium coli durch 8 mg Chlor stets in 2 Minuten, der Vibrio cholerae bei nur 4 mg in 10 Mi-

nuten sicher abgetötet. Zur Vernichtung von Milzbrandsporen, die praktisch kaum jemals in Frage kommen dürfte, müßte eine 50 000 mal größere Menge 20 Minuten oder eine 15 000 mal größere 1 Stunde einwirken. In der Praxis sind größere Mengen nötig, weil ein Teil des Chlors durch organische Substanzen gebunden und unwirksam gemacht wird. Zur raschen Orientierung über die im speziellen Falle notwendige Menge Chlor verwandte er Jodkalistärkekleister. Es wird so lange Chlorkalk zugefügt bis eine Probe des Wassers durch dieses Reagenz dunkelblau gefärbt erscheint. Der praktischen Verwertung des Verfahrens stellt sich ein Umstand störend in den Weg, d. i. die schwere Benetzbarkeit des Chlorkalkes. Ein Teil des Chlorkalkes giebt sein Chlor trotz heftigen Schüttelns erst nach sehr langer Zeit und unvollständig ab. Um die volle Chlormenge sicher wirksam zu machen, fand Lode als wirksamstes Mittel das Verreiben der pro Liter zuzusetzenden Chlorkalkmenge mit 0,25 g Citronensäure. Der Geschmack des Wassers wurde dadurch in keiner Weise beeinträchtigt. Da das Wasser nach dem Zusatze des Antichlors, des Natriumsulfits, durch flockige Partikelchen von kohlensaurem Kalk getrübt wird, so muß es vor dem Gebrauche durch ein rohes, rasch arbeitendes Filter, Flanellsäcke, Asbestfilter oder das in der österreichischen Armee eingeführte Kuhn'sche Filter filtriert werden. Durch die notwendig gewordene Vermehrung des Chlorkalkgehaltes hat nach Lode's Ansicht das Verfahren an Wert verloren. Er meint, daß dasselbe immer nur als Notbehelf in Anwendung kommen dürfte, wenn es sich darum handelte, rasch, ohne besondere maschinelle Einrichtung steriles Wasser zu schaffen. „Für die Truppen im Felde oder für die Bevölkerung eines verseuchten Gebietes dürfte es aber auch in der angegebenen Modifikation, die, soweit menschliche Voraussicht reicht, absolute Sicherheit bezüglich der Abtötung aller pathogenen negativen Bakterienformen darbietet, vorzügliche Dienste leisten."

Nach den übereinstimmenden Versuchen sämtlicher Untersucher hat sich demnach das Traube'sche Prinzip als überaus wertvoll für die Praxis erwiesen.

### Uebermangansaurer Kalk.

In neuester Zeit haben Bordas und Girard[20] den übermangansauren Kalk zum Keimfreimachen von Trinkwässern in Vorschlag gebracht.

Derselbe zerlegt sich bei Gegenwart von organischen Substanzen in Sauerstoff, Manganoxyd und Kalk. Die im Wasser gelöst vorhandene oder durch Oxydation organischer Substanz neu gebildete Kohlensäure erleichtert diese Zersetzung. Um das behandelte Wasser trinkbar zu machen, muß der Ueberschuß von übermangansaurem Kalk entfernt und das bräunlich gefärbte Wasser entfärbt werden. Zu diesem Zwecke schlagen Bordas und Girard vor, eine Filtermasse aus Kohle und niederen Manganoxyden herzustellen und durch diese das Wasser zu filtrieren. Das Filtrat soll farblos sein. Das nach dieser Methode behandelte Wasser enthält nach Angabe der Autoren keine organischen Substanzen mehr und ist von seinen Mikroorganismen befreit. Es enthält geringe Mengen von kohlensaurem Kalk und Spuren von Wasserstoffsuperoxyd, welche seine fernere Keimfreiheit sichern. Angaben über die Zeit, in welcher der übermangansaure Kalk die im Wasser vorhandenen Keime zerstört, fehlen noch, auch scheinen Versuche mit pathogenen

Bakterien noch nicht angestellt zu sein. Weitere Untersuchungen müssen daher erst lehren, ob das neue Verfahren praktisch verwertbar ist oder nicht.

### Weinsäure und Citronensäure.

A. Pick hat bei seinen im hygienischen Institute zu Wien durchgeführten Untersuchungen gefunden, daß Choleravibrionen im Wasser bei Zumischung geringer Mengen von Weinsäure oder Citronensäure zu Grunde gehen. Kratschmer, welcher die Angaben nachprüfte, stellte fest, daß Cholerabakterien, in sterilisiertem Wasser aufgeschwemmt, bei Zusatz von 1 Proz. Weinsäure oder Citronensäure sofort abstarben, daß aber Typhusbacillen erst nach einstündiger Einwirkung der genannten Säuren in den Aussaaten nicht mehr wuchsen.

Wenn wir die mitgeteilten Methoden zur Befreiung von Trink- und Gebrauchswässern von infizierten Keimen auf chemischem Wege überblicken, so müssen wir anerkennen, daß für die Praxis eine ganze Reihe von Verfahren zu Gebote stehen, welche die Gewinnung eines von infizierten Keimen freien Trinkwassers ermöglichen.

Mehrere Methoden befinden sich aber noch im Stadium des Versuches, sodaß ein abschließendes Urteil über dieselben noch nicht abgegeben werden kann.

## 3. Filtration.

Die Reinigung verdächtiger Wasser durch Filtration ist seit langer Zeit im Kleinen wie im Großen praktisch durchgeführt worden. Die verschiedenartigsten Materialien, besonders Kohle, poröse Sandsteine und Sand wurden mit Vorliebe verwandt. Das aus einem solchen Filtrationsprozeß gewonnenen Wasser war meist ausgezeichnet klar, und man war deshalb mit der Wirkung der Filter ganz außerordentlich zufrieden — bis dieselbe wissenschaftlich bakteriologisch untersucht wurde.

### Hausfilter.

Es ist das Verdienst Plagge's[21 4], nachgewiesen zu haben, daß alle im Kleinbetriebe verwandten Filter hinsichtlich der Zurückhaltung von Bakterien versagen, ja daß die Filter Brutstätten von Bakterien sind, welche nach kurzem Gebrauch das filtrierte Wasser mit mehr Keimen bevölkern als im unfiltrierten vorhanden gewesen waren. Die Poren der gewöhnlichen Filtermaterialien sind viel zu groß, als daß sie die winzigen Bakterien zurückzuhalten vermögen. Zahlreich sind nun seit Plagge's Vortrag auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Berlin im Jahre 1886 die Bemühungen gewesen, um Filter mit so engen Poren herzustellen, daß auch die kleinsten Lebewesen zurückgehalten werden. Der Anforderung, ein keimfreies Filtrat zu liefern, haben nur wenige Filter zu genügen vermocht.

In erster Linie zu nennen sind die Porzellanfilter von Pasteur-Chamberland, in neuerer Zeit die von der Königlichen Porzellanfabrik gelieferten Pukall'schen Filter und die Nordtmeyer-Berkefeld'schen Kieselguhrfilter, dann ferner die von Hesse empfohlenen, aus zusammengepreßtem Asbest hergestellten Filter, die

ebenfalls aus Asbest gefertigten Breyer'schen Mikromembranfilter, die aus Asbest und Cellulose bestehende, in Scheiben gepreßte Filtermasse von C. Piefke u. a. m.

Jeder einzelne filtrierende Körper ist vor dem Gebrauche bakteriologisch zu prüfen, ob er keimfrei filtriert, d. h. ob Bakterien durch das Filtermaterial hindurchgespült werden. Kleinste äußerlich nicht erkennbare Risse z. B. im Porzellan oder Kieselguhr machen das Filter unbrauchbar.

Alle wirklich keimfrei arbeitenden Apparate liefern recht geringe Mengen von Filtraten; verhältnismäßig am ergiebigsten sind das Kieselguhrfilter, das Pukall'sche und auch das Piefke'sche Filter.

Bei allen diesen keimfrei filtrierenden Materialien nimmt nunaber noch die Ergiebigkeit bei dem Gebrauche schnell ab, weil durch feinste Schlammteilchen die Poren verstopft werden. Außerdem aber hört bei allen Filtern auch die Keimfreiheit nach wenigen Tagen bis höchstens einigen Wochen auf, weil die Filtermasse von Bakterien durchwuchert wird. Je höher die Temperatur, bei welcher filtriert wird, um so rascher im allgemeinen das Durchwachsen der Bakterien durch die Filter. Jedes Filter muß daher regelmäßig bakteriologisch untersucht und, sobald das Filtrat aufhört, keimfrei zu sein, gereinigt, d. h. von der an seiner Oberfläche gebildeten Schmutzschicht befreit und desinfiziert werden, sei es durch Chemikalien, sei es durch Auskochen. Nun hat freilich H. Schäfer[22] nachgewiesen, daß ein Durchwachsen der Filter nur von solchen Bakterienarten stattfindet, welche in dem Wasser die Bedingungen für ihre Vermehrung — entsprechende Temperatur und Nährmaterial — finden, daß aber pathogene Keime, Typhus- und Cholerabakterien in gewöhnlichem, zur Filtration gelangendem Wasser diese Bedingungen für ihre Vermehrung nicht finden und dementsprechend durch die Filter nicht hindurchwachsen können. In einem 16 Tage, vom 26. August bis 10. September 1892, bei 19—26° C. durchgeführten Versuche mit sterilisiertem, destilliertem Wasser, welchem alle 2—3 Tage Typhuskeime in reichlicher Menge beigemischt wurden, blieb das Filtrat frei von Typhusbacillen, ebenso in 2 Versuchen mit Wiener Hochquellwasser während 12 und 15 Tagen. Ein 25 Tage währender Versuch mit Cholerakeimen hatte ebenfalls ein vollständig negatives Resultat. Auch vorheriges Filtrieren von unreinen Wässern durch die Kerzen (aus einem alten Schachtbrunnen und dem Wiener Donaukanal), darauf Sterilisieren derselben und Aufschwemmen der Typhusbacillen in sterilisiertem Hochquell- bez. Donaukanalwasser lieferte keine positiven Resultate. Erst bei Zusatz von 5 ccm Bouillen zu 600 ccm sterilen Wassers begann das Durchwachsen durch das Filter. Demnach würden diejenigen Filter, bei welchen ein Durchspülen von Bakterien nicht stattfindet, Schutz gewähren gegen eine Infektion mit pathogenen Bakterien in erster Linie Typhus- und Cholerabakterien, wenn die genannten Bakterien sich in den zu filtrierenden Wässern nicht zu vermehren vermöchten. Wir haben aber gesehen (Kap. VII), daß diese Voraussetzung nicht immer zutrifft, daß es Wässer giebt, in welchen sich namentlich die Cholerabakterien sehr wohl vermehren können. Ein unbedingt zuverlässiger Schutz wird demnach von den Kleinfiltern nur dann gewährt werden, wenn sie überhaupt keimfrei arbeiten.

Es erhellt aus dem Dargelegten, daß der Klein-

filterbetrieb zur Erlangung eines von Infektionskeimen zuverlässig freien Wassers nicht besonders geeignet ist. Wir können daher nur Robert Koch[23] beipflichten, welcher in seinem grundlegenden Werke über Wasserfiltration und Cholera sich folgendermaßen ausspricht: „Mir sind keine Kleinfilter bekannt, welche imstande wären, für den praktischen Gebrauch auf die Dauer zu genügen, und ich würde nicht dazu raten, sich in Cholerazeiten auf Kleinfilter zu verlassen."

Vergl. auch S. 493 ff. dieses Bandes, wo auch Litteraturangaben über Hausfilter gemacht sind.

### Die Sandfilter.

Im Großbetriebe kommt zur Reinigung des Wassers fast ausschließlich die absteigende Filtration durch Sandfilter zur Anwendung. Die Sandfiltration wurde in England ausgebildet und von dort aus in der noch heute gebräuchlichen Ausführung über die ganze Welt verbreitet. Ueber die Konstruktion der Filter s. S. 460 ff. dieses Bandes. Das von den Sandfiltern gelieferte Wasser zeichnet sich durch außerordentliche Reinheit aus. Mit Hilfe der sog. Wasserprüfer, etwa 1 m langer, am Boden mit einer Glasplatte verschlossener Metallcylinder, in welchen das filtrierte Wasser gegen einen hellen Untergrund betrachtet wurde, konnte die reinigende Kraft der Sandfilter festgestellt werden. Als man nun diese Filter bakteriologisch zu untersuchen begann, zeigte es sich, daß dieselben nur einige wenige Keime im ccm enthielten, welche als aus den vorher nicht sterilisierten Filtermaterialien herrührend angesehen wurden. „Das Sandfilter an und für sich giebt ein keimfreies, hygienisch nicht zu beanstandendes Filtrat" — dieser Satz wurde allgemein als feststehende Thatsache anerkannt.

Der Umstand indessen, daß im Jahre 1889 eine Typhusepidemie von ziemlich erheblichem Umfange in der mit filtriertem Oberflächenwasser versorgten Stadt Berlin ausbrach, der Umstand weiter, daß der Typhus sich auf das genau abzugrenzende Versorgungsgebiet eines Wasserwerkes, des Stralauer Wasserwerkes, welches filtriertes Spreewasser lieferte, beschränkte, über dieses aber auch nach seiner ganzen Ausdehnung sich verbreitet hatte, ließ Zweifel an der unbedingten Zuverlässigkeit der Sandfiltration entstehen und gab den Anstoß zu umfangreichen experimentellen Untersuchungen. C. Fraenkel[24] und C. Piefke konstruierten genau nach dem Muster der großen Sandfilter kleinere Versuchsfilter in Holzbottichen von 2,1 m Höhe und 0,75 m mittlerem Durchmesser und prüften deren Leistungsfähigkeit mit Hilfe einer bestimmten leicht erkennbaren Bakterienart, des Bacillus violaceus, und später auch mit Hilfe von Typhus- nnd Cholerabakterien, welche dem Rohwasser zugesetzt wurden.

Die Ergebnisse entsprachen nun in der That durchaus nicht den Anschauungen, welchen man bis dahin gehuldigt hatte. Es zeigte sich zunächst, daß während der ganzen Dauer der Filtrationsperiode fortgesetzt die dem Rohwasser beigemischten charakteristischen Bakterien das Filter passierten. Die Menge dieser Keime war abhängig einmal von der Geschwindigkeit, mit welcher filtriert wurde; bei 300 mm Geschwindigkeit wurden höhere Zahlen gefunden, fast dreimal so viel Kolonien der zugesetzten blauen Bacillen als bei 100 mm

— dann aber auch von der Menge der im Rohwasser vorhandenen Keime; auf eine erhebliche Steigerung derselben antwortete das filtrierte Wasser sofort mit einer Vermehrung der blauen Kolonien. Endlich zeigten sich der Anfang und das Ende der Filtrationsperiode als sehr bedenklich, insofern als die Zahl der Keime während dieser Phasen eine ganz erheblich höhere war als während der übrigen Phasen der Filtration.

Der scharfe Sand mit seinen relativ groben Poren ist zunächst nicht imstande, die Bakterien zurückzuhalten; erst wenn sich aus den suspendierten Bestandteilen eine aus feinsten Teilchen bestehende, außerordentlich feinporige Schlammdecke und in den obersten Sandschichten eine aus abgestorbenen und lebenden Mikroorganismen bestehende schleimige Umhüllung der Sandkörnchen — die sog. Verschleimung — gebildet hat, wird die ungeheure Mehrzahl der Bakterien, von 1000 etwa 999, zurückgehalten. Treten plötzliche Schwankungen in der Schnelligkeit der Filtration ein, so wird die filtrierende Schicht in ihrer Gleichmäßigkeit gestört. Es gehen dann mehr Keime hindurch. Durch die Zunahme der Schlammschicht und der Verschleimung im Verlaufe der Filtration wird nun aber der Widerstand ein zunehmend größerer, der Druck muß gesteigert werden, um die gleiche Menge Wasser durch das Filter hindurchgehen zu lassen. Dadurch erfahren die obersten bakterienreichen Schichten des Filters eine starke Pressung, welche zu kleinsten Kontinuitätstrennungen in der filtrierenden Schicht und damit zum Durchgehen größerer Bakterienmengen Anlaß geben kann. Vielleicht kommt noch außerdem ein selbständiges Durchwachsen der Bakterien dabei mit in Frage.

Wichtige praktische Konsequenzen ergeben sich aus diesen Versuchen. Soll ein Sandfilter befriedigende Ergebnisse liefern, so ist erforderlich:

1) ein gutes, möglichst wenig verunreinigtes Rohmaterial,
2) geringe Filtrationsgeschwindigkeit,
3) gleichmäßige Thätigkeit der Filter,
4) Verzicht auf die im Anfange einer jeden Filtrationsperiode gelieferten Wassermengen.

Die Versuchsergebnisse von Fraenkel und Piefke wurden in der Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege in Braunschweig von Grahn und Kümmel in Zweifel gezogen, weil ihr Versuchsfilter Holz- und nicht Cementumwandungen gehabt habe, weil sie nicht mit der notwendigen gleichmäßigen Filtrationsgeschwindigkeit und mit allmählich wachsendem Filtrationsdrucke gearbeitet hätten — Einwände, welche von Fraenkel als bedeutungslos für das Endergebnis zurückgewiesen wurden.

Kabrehl[25] in Prag wiederholte die Versuche Fraenkel's und Piefke's, indem er ein kreisförmiges Reservoir von Eisen benutzte, dessen innere Fläche mit einer in Cement gebauten Schicht versehen wurde. Der Durchmesser des Kreises betrug 2 m, nach der Ausmauerung 1,85 m. Durch Vorversuche wurde zunächst festgestellt, ob überhaupt mit dem kleinen Sandfilter ein gleicher Filtrationseffekt zu erreichen wäre, wie er bei großen, rationell betriebenen Filtrationsanlagen zustande kommt. Nachdem diese Frage durch mehrere Serien von Versuchen bejahend beantwortet war, und das Filter sich im Stadium einer der Filtrationsfähigkeit der großen Sandfilter gleichenden Wirkung befand, studierte Kabrehl das Filtrations-

vermögen desselben in gleicher Weise wie Fraenkel und Piefke mit Hilfe eines einen roten Farbstoff produzierenden Bacillus.

Die Ergebnisse dieser Versuche stimmten durchaus mit denen von Fraenkel und Piefke überein, nur wurde von Kabrehl ein besserer Filtrationseffekt erzielt. Derselbe betrug bei einem Rohwasser mit 50000 roten Bacillen im ccm im Mittel 6944:1, bei 15000 roten Bacillen im ccm im Mittel 2542:1, während Fraenkel und Piefke einen solchen von 1000:1 zu verzeichnen hatten. Nach Ansicht Kabrehl's haben die Fraenkel-Piefke'schen Versuchsfilter nicht normal gearbeitet, wie die verhältnismäßig hohen Zahlen der Keime in dem filtrierten Wasser trotz niedriger Filtrationsgeschwindigkeit bewiesen, deshalb seien die von den technischen Fachmännern hinsichtlich der Wirkungsfähigkeit der von ihnen benutzten Filter erhobenen Einwände begründet gewesen. An der Richtigkeit der von ihnen gewonnenen Ergebnisse ändert das nichts. Die Sandfilter sind nicht keimfrei arbeitende Apparate. Wichtig ist die von Kabrehl gemachte Beobachtung, daß nach Abschluß des mit roten Bacillen versetzten Rohwassers ein, freilich sehr geringer, Bruchteil derselben noch längere Zeit — 33 Stunden nachher — mit dem filtrierten Wasser abging.

Die Möglichkeit, daß infektiöse Keime aus Oberflächenwässern trotz normaler Filtration durch Sandfilter mit dem filtrierten Wasser verbreitet werden können, besonders aber dann, wenn Störungen oder Fehler im Betriebe stattgefunden haben, ist unumstößlich erwiesen. Die Gefahr wird außerordentlich verringert, wenn nur gut filtrierte Wässer zum Konsum zugelassen werden. Ob eine gute Filtration stattgefunden hat oder nicht, kann einzig und allein die bakteriologische Untersuchung entscheiden, und zwar die tägliche Untersuchung jedes einzelnen Filters. Schon im Jahre 1886 schloß Reincke aus der von Spiegelberg kurz vor dem Ausbruch einer Typhusepidemie in Altona konstatierten Zunahme der Keime im filtrierten Wasser (bis 1150 Keime im ccm), daß Störungen im Betriebe der Filter vorgekommen sein müßten, ohne sie jedoch nachweisen zu können. Wallichs war es aufgefallen, daß in den Jahren 1886, 1887, 1888 und 1891 einer Frostperiode regelmäßig eine Typhusepidemie folgte. Die im Jahre 1891 ausgeführten fortlaufenden bakteriologischen Untersuchungen des filtrierten Wassers ergaben eine starke Steigerung der Keimzahl (2615, 1364) kurze Zeit vor dem Ausbruch der Epidemie. Wallichs sprach deshalb den dringenden Verdacht aus, daß der Typhus durch ungenügend filtriertes Wasser hervorgerufen sei, und warf auch schon die Frage auf, ob die Eisbildung auf den offenen Filtern die Filtration gestört haben könnte oder ob nicht möglicherweise bei der Reinigung der Filter bei starkem Frost die Oberfläche des Sandes gefriere und dann ungenügend filtriere, was von technischer Seite bestritten wurde. Bei dem Ausbruch der Choleraepidemie in Altona im Januar 1893 gelang es R. Koch[23] auf Grund der sorgfältig durchgeführten täglichen bakteriologischen Untersuchung der einzelnen Filter des Altonaer Wasserwerkes, dasjenige Filter zu bezeichnen, welches schlecht funktioniert hatte, und man fand nach Ablassen des Wassers und Entfernung der Schlammschicht dessen Sandschicht gefroren. Das Gefrieren war bei dem Reinigen des Filters zustande gekommen. Bei geringer Kälte begonnen, konnte die Reinigung wegen einer plötzlich eintretenden Kälte von —14° C.

nur mit Mühe zu Ende geführt werden. Das Filter filtrierte dann anfangs fast gar nicht, eben weil die Sandschicht gefroren war. Allmählich mit dem Auftauen derselben nahm die Ergiebigkeit zu, bis es zuletzt am 24.—26. Januar mit 80 mm Geschwindigkeit filtrierte. Da am 3. Februar beim Ablassen des Wassers die Sandschicht noch fast ganz gefroren gefunden wurde, so mußte der kleine aufgetaute Teil die ganze Wassermasse durchgelassen haben, die Filtration mußte demnach eine schlechte gewesen sein.

Auf Grund der von ihm gemachten Beobachtungen und gewonnenen Erfahrungen stellte Koch folgende Forderungen auf für die Sandfiltration:

„1. Die Filtrationsgeschwindigkeit von 100 mm in der Stunde darf nicht überschritten werden. Um dies durchführen zu können, muß jedes einzelne Filter mit einer Einrichtung versehen sein, vermittelst welcher die Wasserbewegung im Filter auf eine bestimmte Geschwindigkeit eingestellt und fortlaufend auf das Einhalten dieser Geschwindigkeit kontrolliert werden kann.

2. Jedes einzelne Filterbassin muß, solange es in Thätigkeit ist, täglich einmal bakteriologisch untersucht werden. Es soll daher eine Vorrichtung haben, welche gestattet, daß Wasserproben unmittelbar nach dem Austritt aus dem Filter entnommen werden können.

3. Filtriertes Wasser, welches mehr als 100 entwickelungsfähige Keime im Kubikcentimeter enthält, darf nicht in das Reinwasserreservoir geleitet werden. Das Filter muß daher so konstruiert sein, daß ungenügend gereinigtes Wasser entfernt werden kann, ohne daß es sich mit dem gut filtrierten Wasser mischt.“

Für die bakteriologische Untersuchung, welche möglichst schnell Resultate geben soll, empfiehlt Koch die Anwendung von Gelatineplatten, die bei 22° im Brütapparat zu halten sind. „Vielleicht „sagt er, „läßt sich die Zeit der Untersuchung durch Verwendung von Agarplatten bei 37° noch erheblich weiter abkürzen.“ Mit Agarplatten gewonnene Ergebnisse von Filteruntersuchungen liegen bisher nicht vor. Da viele der in Nährgelatine bei 22° gut gedeihenden Wasserkeime in Agar bei 37° nicht mehr sich zu entwickeln vermögen, so werden die mit dem letzteren Verfahren unternommenen Prüfungen jedenfalls ein wesentlich anderes Bild liefern als die mit dem ersteren angestellten. A priori läßt sich daher durchaus nicht sagen, ob das freilich schnellere Resultate liefernde Agar-Kulturverfahren bei 37° einen ebenso guten Einblick in die Leistungsfähigkeit der Filter gestatten wird wie das Gelatineverfahren bei 22°.

Die von R. Koch aufgestellten Forderungen sind von der städtischen Sanitätsbehörde für das Wasserwerk Stralau bei Berlin, als im Monat August 1893 Choleragefahr drohte, obligatorisch gemacht worden. Piefke [26] berichtete, daß dieselben nach Ueberwindung einiger anfänglicher Schwierigkeiten sich ziemlich gut durchführen ließen. Die durch die vorgeschriebene maximale Keimzahl von 100 pro ccm bedingten Verluste an filtriertem Wasser berechnete er auf 9 Proz. bei den offenen und auf 13,8 Proz. bei den überwölbten Filtern. Die Forderung, daß Wasser mit mehr als 100 Keimen nicht der Stadt zugeleitet werden dürfe, hält Piefke bei kurzen Filterperioden von 5—6 Tagen für praktisch undurchführbar, weil das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchung erst nach 3 Tagen zu haben sei. Es ginge mithin das Wasser der halben Filtrationsperiode verloren, was eine ungeheure

Vergeudung bedeuten würde, da in Wirklichkeit die Filter bereits nach der Hälfte dieser Zeit normal arbeiteten. Die Anforderung von höchstens 100 Keimen im ccm Filtrat sei weniger ein Maßstab für die größere oder geringere Infektionstüchtigkeit des gewonnenen Reinwassers als vielmehr für hygienisch sachgemäße Bewirtschaftung des Werkes. Enthalte ein Rohwasser 50000 Keime, so sei, um die Forderung von 100 Keimen im Filtrat zu erfüllen, eine Reduktion der Keime im Verhältnis von 1:500 notwendig, enthalte es aber nur 1000 Keime pro ccm, so brauche nur das Verhältnis von 1:10 erreicht zu werden. Hält man an der Zahl 100 fest, so ergiebt sich als Konsequenz, daß es vorteilhafter ist, ein keimarmes Rohwasser als ein keimreiches zu verarbeiten. Je keimreicher das Rohwasser, um so größer wird im allgemeinen auch die Verunreinigung desselben durch Abwässer, um so größer daher auch möglicherweise sein Gehalt an pathogenen Organismen sein. Wenn die Technik Schwierigkeiten findet, ein keimreiches Rohwasser auf den von hygienischer Seite verlangten Grad von Reinheit zu bringen, so muß eben die Bezugsquelle des Rohwassers geändert werden. Mit Recht hat deshalb die Stadt Berlin den Rohwasserbezug aus der stark verunreinigten Spree bei Stralau aufgegeben und dafür das relativ keimarme Wasser des Müggelsees, oberhalb von Köpnick und Berlin für die Filtration ausgewählt.

Von hervorragender Wichtigkeit für ein schnelles gutes Funktionieren des Filters hat Piefke[27] die Fähigkeit des Rohwassers erkannt, die filtrierende Schlammdecke zu bilden. Die Stoffe, aus denen sich die Decke bilde, seien entweder organischer oder anorganischer Natur. Die Hauptströme des norddeutschen Flachlandes (Elbe, Oder, Weichsel) führten meist lehmig getrübtes Wasser, die untergeordneten, träge dahinschleichenden (Spree, Havel, Elde) gäben massenhafter Entwickelung von Algen Raum. Piefke prüfte nun an Versuchsfiltern den praktischen Wert der beiden Deckmaterialien, indem er Algen- bez. Lehmdecken, welche gleichen Druckverlust bedangen, herstellte; außerdem belud er ein drittes Filter mit Eisenschlamm. Dem Rohwasser gab er einen Zusatz von Bacillus violaceus in der Menge von 63165 Keimen pro ccm. Es ergab sich, daß die blauen Keime reduziert wurden

| | | |
|---|---|---|
| von den Filtern mit Lehmdecke | im Verhältnis von | 1:3224 |
| „ „ „ „ Algendecke | „ „ „ | 1:1403 |
| „ „ „ „ Eisendecke | „ „ „ | 1:2526. |

Die Lehmdecke ist mithin der Algendecke weit überlegen. Durch die stärkere Ausbildung der Algendecke am Grunde der offenen, dem Lichte frei zugänglichen und deshalb der Entwickelung der Algen förderlichen Filter gegenüber der relativ schwachen, nur an den wenigen dem Lichte zugänglichen Stellen und hier meist an der Oberfläche stattfindenden Algenbildung in den gedeckten erkläre sich die schnellere und vollkommenere Leistung der ersteren. Den überwölbten Filtern ist daher mehr Licht zuzuführen. Ermangeln einem Rohwasser genügend wirksame Sedimentstoffe, so ist es Aufgabe der Technik, vor Einleitung der Filtration diesem Mangel abzuhelfen. Vergl. auch die Angaben von Leeds in diesem Bande S. 467.

Die übliche Dicke der Sandschicht, welche, weil doch eigentlich nur deren oberste Schichten filtrieren, von Manchen als unnötig oder

gleichgiltig angesehen worden ist, hält Piefke für einen wichtigen Faktor bei der Filtration, weil nach seinen, auf bakteriologische Untersuchungen basierten Beobachtungen dicke Sandschichten dem Filter einen gewissen Schutz verleihen gegen Beunruhigungen infolge von Geschwindigkeitsveränderungen.

Fassen wir die Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen über die Sandfiltration zusammen, so können wir sagen, daß es mit Hilfe der bakteriologischen Methode gelungen ist, die Technik der Sandfiltration derart zu gestalten, daß die aus dem Oberflächenwasser resultierende Infektionsgefahr auf ein Minimum reduziert wird. Freilich muß der Leiter einer solchen Anlage sich stets bewußt sein, daß diese günstige hygienische Wirkung nur dann erzielt wird, wenn er „toujours en védette", unermüdlich ist in der Kontrolle.

Da bei großen Wasserversorgungen enorme Flächen zur Sandfiltration hergerichtet werden müssen (nach Büsing[28] nehmen in Berlin die Filter eine Fläche von fast 30 ha, in Hamburg von 13,5 ha ein) und damit die Kosten der Herstellung wie des Betriebes ganz außerordentlich hohe werden, so hat sich Fischer[28] in Worms bemüht, Filter von gleicher Wirkung in kleinerem Raume herzustellen. Das Ergebnis seiner Studien sind die

**Sandplattenfilter.**

Aus einem Gemenge rein gewaschenen Flußsandes bestimmter Korngröße werden unter Zusatz von Natronkalksilikat in eigenartiger Weise und in Oefen von besonderer Konstruktion Elemente von 1 qm Größe und 18—20 cm Dicke hergestellt, welche innen einen Hohlraum, einen Schlitz von 20 mm Stärke haben, in welchem das Filtrat sich ansammelt. Mehrere Elemente, mit Gummidichtung an ein Sammelrohr angeschlossen, bilden eine Batterie. Jede Batterie kann für sich außer Betrieb gesetzt und untersucht werden. Der Filterhehälter nach dem Sandplatten - System nimmt nur den achten Teil von dem Raume eines Sandfilters ein bei gleicher Filterfläche. Nach den Angaben Fischer's hat die bakteriologische Untersuchung der Sandplattenfilter ergeben, daß diese ebenso gut arbeiten wie ein gutes Sandfilter. Stoffliche Veränderungen des Rohwassers sollen die Gleichmäßigkeit der Resultate weniger beeinflussen als beim Sandfilter. Die Reinigung geschieht durch Durchströmenlassen von Wasser von innen nach außen unter einem doppelt so großen Druck wie der Filterdruck. Auf diese Weise wird die Schlammdecke an der Oberfläche, welche störend wirkt, abgehoben. Die eigentliche filtrierende Schicht, welche bei Sandfiltern innerhalb der Schlammschicht 8 cm tief in das Filtermaterial hineingehen soll, muß ebenfalls erst ausgebildet sein, bevor das Sandplattenfilter gut filtriert. Beim Reinigen der Sandplattenfilter wird diese Schicht nicht zerstört, wohl aber beim Reinigen der Sandfilter. Das gereinigte Sandplattenfilter hält deshalb schneller die Bakterien zurück als das gereinigte Sandfilter.

Wenn das Sandplattenfilter das leistet, was Fischer verspricht, so muß es als ein wesentlicher Fortschritt gegenüber den Sandfiltern begrüßt werden. Das in Worms hergestellte Sandplattenfilter-Werk arbeitet nach Fischer's Angaben vorzüglich, die mit demselben erzielten Resultate sind bakteriologisch besser als die von dem dortigen Sandfilterwerk erzielten. (Vergl. auch S. 464.)

## 4. Reinigung und Sterilisierung des Wassers mit Hilfe der Elektricität.

Nachdem Cohn und Mendelssohn[29] bereits gegen Ende der 70er Jahre gefunden hatten, daß die Elektricität in der Form der Induktionsströme ohne schädlichen Einfluß auf die in Flüssigkeiten suspendierten Keime ist, haben sich die Forscher mit diesbezüglichen Studien nicht mehr beschäftigt. Erst in neuerer Zeit, seitdem die elektrische Technik sich zu einer geradezu staunenswerten Höhe entwickelt hat und überall Elektricitätswerke entstanden sind, hat sich das Interesse diesem Gebiete wieder zugewandt. Durch den elektrischen Strom wird nicht nur das Wasser selbst in Wasserstoff und aktiven Sauerstoff zerlegt, auch zahlreiche im Wasser gelöste Verbindungen werden durch denselben in ihre Komponenten zerlegt. So wird aus chlorhaltigen Verbindungen das Chlor frei gemacht. Das Chlor aber ist eines der mächtigsten Desinficientien, welche wir kennen. Es lag deshalb der Gedanke nahe, Chloride enthaltende Wässer zu elektrolysieren, um sie durch das sich entwickelnde Chlor zu desinfizieren. Hermite konstruierte einen besonderen Apparat, um das chloridreiche Meerwasser zu elektrolysieren. Dasselbe wurde durch die Elektrolyse keimfrei. Es enthielt außerdem Stoffe, nach der Angabe von Hermite eine oxydierte Verbindung des Chlors, welche nun noch weiter zur Desinfektion von Abwässern und auch von Fäkalien verwendbar sein sollte. Die Versuche von Klein[30] ergaben, daß in der That elektrolysiertes Meerwasser keimfrei wird, daß aber die desinfizierende Wirkung dieses Wassers eine verhältnismäßig geringe ist. Sewage sowie Bouillon-Kulturen pathogener Bakterien, mit gleichen Teilen der Hermite-Lösung vermischt, waren nach 20 Minuten und selbst nach 24 Stunden noch nicht sicher sterilisiert.

Webster wandte Eisenelektroden an zur Elektrolyse von Schmutzwässern. Das Eisen wird oxydiert zu Eisenoxyd, bei Anwesenheit von Chloriden entstehen auch Chloride des Eisens und aus diesen Oxychloride Das Eisenoxyd bildet einen voluminösen Niederschlag, welcher die im Wasser suspendierten Stoffe niederreißt, die Oxychloride sollen außerdem desinfizierend wirken.

Wie Oppermann[31] fand und wie auch im Greifswalder hygienischen Institute angestellten Versuche ergeben haben, ist der Erfolg von Webster's Verfahren in Bezug auf die Eliminierung der Keime nur ein geringer.

Beide Verfahren eignen sich nicht für die Keimfreimachung von Gebrauchswässern. Ebensowenig erwies sich die Elektrolyse mittels einer Eisen- und einer Kohlenelektrode, welche angeblich in Amerika mit großem Erfolge angewendet sein soll, nach den Versuchen von Oppermann als brauchbar. Oppermann berichtet dann weiter noch über 3 andere patentierte Verfahren. Das Rösecke'sche Patent dient zur Desinfektion des verschlammten Sandes von Sandfiltern. Durch große Kohlenelektroden soll in dem Schlamm starke Elektrolyse bewirkt werden. Bei dem Philipp'schen Patent wird das Wasser einfach einer elektrolytischen Behandlung unterworfen und dann filtriert, bei dem dritten Verfahren endlich nach Grozier Callins wird dem Wasser während der Elektrolyse Sauerstoff zugeführt, damit sich möglichst viel Ozon bildet. Der eingeführte Sauerstoff hat indessen für die Ozonbildung keine Bedeutung.

Oppermann fand nun, daß die Ozonbildung bei der Elektrolyse

der wirksame, desinfizierende Faktor sei. Er nahm deshalb Platinelektroden in der Form von flachen Drahtspiralen. An solchen Elektroden entwickelt sich das Ozon in der Gestalt feinster Bläschen, welche wie ein Nebel die Flüssigkeit langsam trüben und im Wasser sich gut lösen. Die reichlichste Ozonbildung findet statt bei niedriger Temperatur des Wassers, 5—6 ° C., bei Elektroden von geringer Oberfläche (also Draht), bei relativ hoher Spannung des Stromes (nicht unter 25 Volt), bei horizontaler Stellung der Elektroden derart, daß die Spiralen dicht übereinander liegen (mit einem Abstande von höchstens 5 mm), unten die mit dem negativen, oben die mit dem positiven Pol der Stromquelle verbundene Elektrode. Das gewöhnliche Wasser kann besser leitend gemacht werden für den elektrischen Strom dadurch, daß man während der Elektrolyse einen ganz schwachen Strom von Kohlensäure durch dasselbe hindurchleitet. Bei Innehaltung der als optimal erkannten Bedingungen wird bei der Elektrolyse neben kleineren Mengen von Chlor- und Wasserstoffsuperoxyd reichlich Ozon gebildet, und zwar 3—6 Proz. Die Veränderung, welche das Wasser durch den elektrolytischen Prozeß erfährt, besteht in einer Oxydation der organischen und organisierten Bestandteile ev. des Ammoniaks und der salpetrigen Säure. Der die Oxydation und Sterilisierung bewirkende Faktor ist in erster Linie das Ozon, Chlor nur dann, wenn das Wasser stark chloridhaltig ist; Wasserstoffsuperoxyd, welches stets nur in sehr geringer Menge gebildet wird, kommt nicht in Betracht. Nach den Erfahrungen Oppermann's sind Oxydation und Abtötung der Mikroorganismen beendet, wenn ein bleibender und so erheblicher Ueberschuß von Ozon ($H_2O_2$, Chlor) im Wasser nachweisbar ist, daß 10 ccm desselben auf Zusatz von 10 Tropfen Zinkjodidstärkelösung eine gesättigte himmelblaue Farbe annehmen.

Je stärker die Verunreinigungen im Wasser, um so mehr Ozon ist nötig, um die völlige Oxydation zu erreichen, um so länger muß die Elektrolyse andauern.

Das elektrolysierte Wasser ist nun zwar keimfrei, aber es ist zum Genuß völlig untauglich, weil es widerlich schmeckt, Erbrechen erzeugt und trübe ist. Es muß nun noch genußfähig gemacht werden.

Oppermann erreichte nach vielen vergeblichen Versuchen dieses Ziel durch ein sehr einfaches Verfahren.

Er behandelte das Wasser nochmals elektrolytisch mittels Aluminiumelektroden. Es bildet sich zuerst Aluminiumoxyd und dann Aluminiumhydroxyd. Das Wasser wird in kürzester Zeit frei von Ozon, und der Thonerdeniederschlag reißt alle Suspensa mit sich zu Boden. Nach der Trennung des Wassers vom Niederschlage resultiert keimfreies, völlig klares Wasser vom besten Geschmack, also Wasser von tadelloser Beschaffenheit. Dasselbe Reagens, mit Hilfe welches auf genügende Ozonisierung geprüft wird, dient auch zur Prüfung, ob die Desozonisierung vollendet. Bleiben 10 ccm des durch Filtration völlig geklärten Wassers bei Zusatz von 10 Tropfen der Zinkjodidstärkelösung vollkommen farblos, so ist der Prozeß vollendet. Auch bei Zusatz von großen Mengen von pathogenen Keimen — Typhus- und Cholerabakterien — zum Wasser war der Erfolg stets ein vollkommener.

Das Oppermann'sche Verfahren erfüllt daher nach Angabe des Erfinders alle Bedingungen, welche von hygienischer Seite an ein Verfahren zur Reinigung von Trink- und Gebrauchswässern ge-

stellt werden können. Es bleibt abzuwarten, ob andere Untersucher die gleichen ausgezeichneten Resultate erzielen werden wie Oppermann, und ob es in der Praxis sich bewähren wird.

Nach in neuester Zeit gemachten Erfahrungen scheint die Elektricität berufen zu sein, bei der Reinigung und Keimfreimachung von Wässern für Trink- und Gebrauchszwecke noch durch eine andere Anwendungsweise als durch Elektrolyse eine hervorragende, ja vielleicht die ausschlaggebende Rolle zu spielen. Auch bei diesem neuesten Verfahren ist das wirksame Prinzip das durch den elektrischen Strom erzeugte Ozon. Das Medium, in welchem das Ozon erzeugt wird, ist aber nicht das Wasser, sondern die Luft. Durch hochgespannte, häufig unterbrochene Ströme wird in trockener, niedrig temperierter Luft reichlich Ozon entwickelt und dann erst in die zu reinigenden und zu sterilisierenden Wässer eingeleitet.

Im Jahre 1891 war es im Berliner Laboratorium der Firma Siemens & Halske Dr. O. Fröhlich, unterstützt von den Doktoren Erlwein, Howe und v. Titzen-Henning, gelungen, Apparate zu konstruieren, mittels welcher große Mengen von Ozon erzeugt werden konnten. Damit war die Möglichkeit geboten, diesen mächtig wirkenden Körper praktisch in ausgedehnter Weise verwerten zu können.

Ohlmüller[32] unternahm es nun, mit Hilfe eines solchen von der Firma Siemens & Halske hergestellten Apparates die wichtige Frage von der Einwirkung des Ozons auf Bakterien einer neuen Bearbeitung zu unterziehen. Bei diesen Untersuchungen zeigte es sich zunächst, daß trockene Bakterienmassen von dem Ozon, selbst bei längerer Einwirkung starker Konzentrationen, nur wenig beeinflußt wurden, wohl aber, wenn dieselben vorher angefeuchtet waren. Demnach war zu erwarten, daß in Wasser suspendierte Bakterien ebenfalls stark beeinflußt werden würden. Und in der That, der Versuch lehrte, daß in destilliertem, sterilisiertem Wasser suspendierte Milzbrandsporen von 3717000 im ccm bei einem Verbrauch von 89,9 mg Ozon nach 10 Minuten auf 0 reduziert, daß ferner Milzbrandbacillen, 57000 im ccm, durch 58,0 mg Ozon in 10 Minuten, Typhusbacillen, 12247000 im ccm, durch 19,5 mg Ozon in 2 Minuten, Cholerabakterien, 2791000 im ccm, durch 16,7—19,5 mg Ozon in 2 Minuten vernichtet waren.

Als nun Ohlmüller Kanaljauche, Gartenerdeaufschwemmung und Spreewasser mit der ozonisierten Luft behandelte, fand er, daß die Wirkung des Ozons sehr viel geringer war als im destillierten Wasser, daß im Spreewasser die Sterilisation erst mit 83,6 mg nach 10 Minuten, in Gartenerdeaufschwemmung mit 156,3 mg nach 25 Minuten erreicht wurde, während die Kanaljauche trotz einstündiger Behandlung überhaupt nicht steril geworden war. Er stellte fest, daß der verschieden hohe Gehalt an lebloser organischer Masse die Ursache der verschiedenen Wirknng war. Wenn er kleine Mengen, von $^1/_4$—1 Proz. Hammelserum einer Milzbrandsporenaufschwemmung in sterilem, destilliertem Wasser hinzufügte, so zeigte sich eine verringerte Wirkung. In 20 Minuten wurden von den zu Anfang des Versuches vorhandenen Sporen zerstört:

| | |
|---|---|
| a) ohne Zusatz von Hammelserum | 100 Proz. |
| b) bei Zusatz von 0,25 Proz. Hammelserum | 52 „ |
| c) „ „ „ 0,5 „ „ | 44 „ |
| d) „ „ „ 1,0 „ „ | 75 „ |

In Versuch d war die Menge des in der gleichen Zeit verbrauchten Ozons größer gewesen.

Wenn er nun Typhus- und Cholerabakterien in Wässern mit verschiedenen Mengen von oxydierbarer organischer Substanz aufschwemmte, so zeigte sich, daß getötet wurden:

bei einer Oxydationsgröfse von 67,5 mg Sauerstoff durch 95,8 mg Ozon 70,8 Proz. der Keime,
bei einer Oxydationsgröfse von 21,7 mg Sauerstoff durch 85,4 mg Ozon 99,9 Proz. der Keime,
bei einer Oxydationsgröfse von 11,3 mg Sauerstoff durch 12,8 mg Ozon 100,0 Proz. der Keime.

„Wenn ich das Resultat dieser Versuche zusammenfasse", schloß Ohlmüller, „so hat sich aus denselben mit Sicherheit ergeben, daß das Ozon auf Bakterien, welche in Wasser aufgeschwemmt sind, in kräftiger Weise zerstörend unter der Bedingung einwirkt, daß das Wasser nicht zu stark mit lebloser organischer Substanz verunreinigt ist; der Erfolg ist der gleiche, wenn die Menge der leblosen organischen Masse bis zu einem gewissen Grade durch das Ozon oxydiert wird . . . Es ist deshalb nicht ausgeschlossen, daß bei Verwendung der von Fröhlich und seinen Mitarbeitern hergestellten Apparate dieses Gas für die Reinigung und Sterilisierung von Trink- und Flußwässern nutzbar gemacht werden kann; zumal so behandelten Wässern der eigenartige Geschmack und Geruch des Ozons nur kurze Zeit anhaftet. Inwieweit durch Benützung dieses Gases in Abwässern solche gelöste organische Stoffe unschädlich gemacht werden können, deren Entfernung bei den bisher bekannten mechanischen und chemischen Klärverfahren nur unvollständig gelang, ist noch nicht abzusehen."

Nachdem durch diese grundlegenden Versuche Ohlmüller's die Thatsache, daß mit pathogenen Organismen beladene Wässer durch ozonisierte Luft keimfrei gemacht werden können, sicher festgestellt war, ist in Holland von dem Baron Tindal eine Gesellschaft begründet worden „la Compagnie générale pour la fabrication de l'ozone", welche in Oudshoom bei Leyden eine großartige Fabrik mit Laboratorium eingerichtet hat, in welchem die Sterilisation des Wassers mittels ozonisierter Luft im Großen geprüft wurde. Ueber diese, wie gleich hervorgehoben sein mag, glänzend gelungenen Versuche liegt ein Bericht vor von van Ermengem[33].

Durch eine Wechselstrommaschine von 100 Volts und 250 Ampères wird der elektrische Strom erzeugt und durch zwei Transformatoren in Ströme von 50000 Volts Spannung verwandelt. Durch die dunklen Entladungen dieses Stromes wird in eigenartig konstruierten Ozonisatoren die mittels Chlorcalcium und Schwefelsäure getrocknete, durch Wattefiltration von allen suspendierten Teilchen befreite, auf — 25° C. abgekühlte Luft ozonisiert und dann in den Sterilisator geleitet, in welchen nach dem letzten Modell das zu sterilisierende Wasser in Form eines außerordentlich feinen Staubregens eintritt. Die Luft, welche beim Austritt noch nicht ihren ganzen Ozongehalt abgegeben hat, wird getrocknet und von neuem zu den Ozonisatoren geführt.

Als Versuchswasser diente das durch Fabrikabgänge und Fäkalien in hohem Grade verunreinigte Wasser des alten Rheins. Das mit suspendierten Bestandteilen stark beladene Rohwasser wurde zunächst

Flaschen füllten sie mit Wasser aus der gleichen Leitung, warfen die mit den Bakterien getränkten Seidenfäden hinein und hielten sie wohl bedeckt unter dem Strahle der Leitung, um ihre Temperatur konstant zu erhalten. Mit den Tag für Tag aus diesen Flaschen entnommenen Proben verfuhren sie in derselben Weise wie mit den im strömenden Wasser gehaltenen. Durch eine genaue bakteriologische Untersuchung überzeugten sie sich, daß die in dem Wasser enthaltenen Organismen keine Analogien darboten mit den studierten pathogenen Keimen.

Der Uebersichtlichkeit wegen nehmen wir das Ergebnis dieser Versuche vorweg. Es ist enthalten in nachstehender Tabelle:

| | fließendes Wasser | | stagnierendes Wasser | |
|---|---|---|---|---|
| | längste Lebensdauer in Tagen | | | |
| | Entwickelung | pathogenes Vermögen | Entwickelung | pathogenes Vermögen |
| Detritus milzbrandiger Organe | 6 | 6 | 3 | 3 |
| Fäden mit Milzbrandbacillen | 3 | 3 | 4 | 4 |
| „ „ „ sporen | 120*) | 120 | 120 | 120 |
| „ „ Typhusbacillen | 4 | — | 13 | — |
| „ „ Rotzbacillen | 6 | — | 12 | 12 |
| „ „ Hühnercholerabacillen | 7 | 6 | 10 | 10 |
| „ „ Staphylococcus pyogenes aureus | 8 | 7 | 12 | 12 |
| „ „ Streptococcus pyogenes | 5 | 5 | 8 | 7 |

*) Länger dauerte der Versuch nicht.

Es hielten sich mithin die pathogenen Organismen länger im stagnierden als im fließenden Wasser, auch behielten sie bis zu ihrem Verschwinden ihre pathogenen Eigenschaften. Im fließenden Wasser, meinen di Mattei und Stagnitta, erfuhren sie vielleicht mechanische Insulte, welche ihr schnelleres Zugrundegehen veranlaßt haben könnten.

Wir wollen nunmehr die Ergebnisse, welche das Studium des Verhaltens der pathogenen Organismen in den Wässern zu Tage gefördert hat, näher erörtern.

## 1. Cholerabakterien.

Die Zahl der Untersuchungen über das Verhalten der Cholerabakterien im Wasser ist eine außerordentlich große.

In sterilisiertem destilliertem Wasser gehen sie, wie fast alle Beobachter übereinstimmend bekunden, innerhalb der ersten 24 Stunden zu Grunde, wofern reines Bakterienmaterial den Wasserproben zugesetzt wird. Außerordentlich geringe Mengen von Bouillon, gleichzeitig mit übertragen, sind imstande, ihre Lebensdauer ganz wesentlich, auf 7—14 Tage zu erhöhen. Gleichzeitiger Zusatz von Salz verlängerte sie bis auf 40 Tage (Maschek[9]).

In sterilisierten Brunnenwässern dagegen wurden die

Cholerabakterien sehr viel länger lebend gefunden. Die Angaben schwanken zwischen 2 Tagen und mehr als 7 Monaten (A. Pfeiffer[16]). Geringe Bouillonzusätze wirkten noch mehr begünstigend wie in destilliertem Wasser auf ihre Erhaltung, sodaß sie noch nach 382 und 392 Tagen lebend gefunden wurden (Hochstetter[6]).

Wolffhügel[1] und Riedel fanden übereinstimmend mit Frankland[4], daß die eingebrachten Keime sich anfänglich verminderten, dann aber deutlich vermehrten, um schließlich wieder langsam abzunehmen.

In sterilen Schmutzwässern wuchsen die Cholerabakterien kräftig, auch erhielten sie sich lange darin am Leben; sie konnten noch nach Wochen und Monaten (von Frankland z. B. nach 11 Monaten, von Riedel[17] sogar nach mehr als Jahresfrist) in solchen nachgewiesen werden.

Weniger sicher sind die freilich viel wichtigeren Angaben über das Verhalten der Cholerabakterien in nicht-sterilisierten Wässern. Da erst seit dem Jahre 1892 die sichere Peptonwasser-Methode zum Nachweis vereinzelter Cholerakeime inmitten von unzählbaren saprophytischen zur Anwendung gekommen ist, so können die älteren mit der Plattenmethode gewonnen Ergebnisse nicht als gleichwertig mit der neueren mittels der Peptonwassermethode erzielten angesehen werden.

Ueber das Verhalten der Cholerabakterien in natürlichen, niedrig temperierten Quell- und Brunnenwässern liegen eine Reihe von Angaben vor.

Großes Interesse erregten seiner Zeit die Untersuchungen von Kraus[7], welcher das Verhalten der Typhus-, Cholera- und Milzbrandbacillen in einem reinen Quellwasser, der Münchener Mangfallleitung, und in zwei Brunnenwässern bei der diesen Wässern eigenen Temperatur von 10,5° C. prüfte. In allen drei Wässern waren nach 24 Stunden schon die Cholerabakterien verschwunden, während die Wasserbakterien sich zu vermehren begannen.

| | Tag der Probeentnahme | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2. | 4. | 8. | 135 |
| Mangfall | 10 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brunnen I | 8 700 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| „ II | 9 420 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Wasserbakterien | | | | |
| Mangfall | 30 | 400 | 70 000 | 140 000 | 2040 |
| Brunnen I | 80 | 900 | 80 000 | ∞ | 8100 |
| „ II | 250 | 2000 | 100 000 | ∞ | 4100 |

Drei von Gärtner[11] mit Quellwasser angestellte Versuche lieferten bei 11,5° C. dasselbe Resultat.

Karlinski[8], welcher das Verhalten der Choleravibrionen in 4 keimarmen Leitungswassern und in einem Brunnenwasser zu Innsbruck bei deren natürlicher Temperatur von 8° C. prüfte, konnte dieselben in 2 Versuchen am 3. und in einem Versuche am 4. Tage nicht mehr nachweisen.

Bobrow[19], welcher in einen Brunnen mit einer Temperatur von $^1/_2$—2° C. Cholerabakterien einbrachte, sodaß 21 000 bez. 13 900 Keime pro ccm Wasser vorhanden waren, fand, daß sie sehr schnell abstarben, daß sie nach 10 bez. 15 Stunden auf 1900 bez. 450 reduziert und nach 34 bez. 39 Stunden überhaupt verschwunden waren.

Sublimatseife während des Bades würde das Wasser 29 mg, ein Liter davon 0,19 mg enthalten, d. h. erst etwa $^{1}/_{160}$ der Maximaldosis, welche nach der Pharmacopöe auf einmal innerlich gegeben werden darf. Eine Schädigung durch Verschlucken einer geringen Menge des sublimathaltigen Badewassers ist somit ausgeschlossen.


1) **Rubner** *und* **Davids**, *Der Wasserkochapparat von Werner von Siemens, Berl. klin. Wochenschr.* (1893) *No.* 36.
2) **H. Schultz**, *Ueber den Wasserkochapparat des Geheimrat Dr. von Siemens, Z. f. H.* (1893) 15. *Bd* 206.
3) **Hugo Laser**, *Der Wasserkochapparat von der Deutschen Kontinental-Gasgesellschaft in Dessau, C. f. B.* (1893) 14. *Bd. No.* 23.
4) **Plagge**, *Untersuchungen über Wasserfilter, Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens, herausgegeben von der Medizinalebteilung des Königl. Preufs. Kriegsministeriums, Heft* 9, *Berlin* 1895.
5) **Liborius**, *Einige Untersuchungen über die desinfizierende Wirkung des Kalkes, Z. f. H.* (1887) 2. *Bd.* 15.
6) **Percy Frankland**, *Reinigung des Wassers durch Sedimentierung, C. f. B.* (1893) 13. *Bd. S.* 122.
7) **V.** *und* **A. Babes**, *Ueber ein Verfahren, keimfreies Wasser zu gewinnen, C. f. B.* (1892) 12. *Bd.* 132.
8) **Max Teich**, *Das Verfahren von Babes zur Gewinnung von keimfreiem Wasser, A. f. H.* (1893) 19 *Bd.* 62.
9) **Kratschmer**, *Ueber die Beschaffung von gesundem Trinkwasser im Lager und während des Marsches mit Rücksicht auf die Filtrierungsmethoden, Der Militärarzt* (1885) *No.* 5 *u.* 6, *ausgegeben mit No.* 11 *der „Wien. med. Wochenschr.“* (1895).
10) *Verfügungen des K. Preufs. Kriegsministeriums vom* 19. *März* 1878, 21. *Febr.* 1879 *und* 24. *Januar* 1886 *nach* **Kirchner**, *Grundrifs der Militär-Gesundheitspflege* (1891) 152.
11) **van Hettinga Tromp**, *Waterstoffsuperoxyd ter desinfectie van drinkwater, Groningen* 1887, *Dissertation.*
12) **Altehoefer**, *Ueber die Desinfektionskraft von Wasserstoffsuperoxyd auf Wasser, C. f. B.* (1890) 8. *Bd.* 129.
13) **B. Kröhnke**, *Vorschläge zur Verbesserung und Sterilisatian des Flufswassers auf chemischem Wege, Chemiker-Zeitung* (1893) 17. *Jahrgang, Supplement zu No.* 80, *Chemisches Repertorium* 256, 7. *Okt., Journ. Gasbeleucht.* (1893) 36, 513.
14) **Moritz Traube**, *Einfaches Verfahren, Wasser in grofsen Mengen keimfrei zu machen, Z. f. H.* (1894) 16. *Bd.* 149.
15) **Franz Nissen**, *Ueber die desinfizierende Eigenschaft des Chlorkalks, Z. f. H.* (1890) 8. *Bd.* 62.
16) **Karlinski**, *Wiener klin. Wochenschr.* (1894) 915.
17) **Sickenberger** *und* **Kaufmann**, *La stérilisation de l'eau par l'hypochlorite de sodium, Le Progrès, Journal Quotidien paraissant au Caire*, 13. *Décembre* 1894, *cit. nach Bassenge.*
18) **Bassenge**, *Zur Herstellung keimfreien Trinkwassers durch Chlorkalk, Z. f. H.* (1895) 20. *Bd.* 227.
19) **Alois Lode**, *Zur Gewinnung von keimfreiem Trinkwasser durch Zusatz von Chlorkalk (Verfahren von Traube). A. f. H.* (1895) 24. *Bd.* 236.
20) **Bordas** *und* **Girard**, *Épuration chimique des eaux par le permanganate de chaux, Comptes rendus de l'Académie des sciences, séance du* 23 *mars* 1895; *Revue d'hygiène et de police sanitaire* (1895) 17. *Bd.* 328.
21) **Plagge**, *Ueber Wasserfiltration, Tageblatt der* 59. *Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Berlin* 1886, 323.
22) **Hans Schäfer**, *Ueber das Verhalten von pathogenen Keimen in Kleinfiltern, C. f. B.* (1893) 14. *Bd.* 685.
23) **R. Koch**, *Wasserfiltration und Cholera, Z. f. H.* (1893) 14. *Bd.* 393.
24) **Carl Fraenkel** *und* **C. Piefke**, *Versuche über die Leistungen der Sandfiltration, Z. f. H.* (1890) 8. *Bd.* 1 *und Deutsch. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege* (1891) 23. *Bd.* 38.
25) **Gustav Kabrehl**, *Experimentelle Studien über die Sandfiltration, A. f. H.* (1895) 22. *Bd.* 323.
26) **C. Piefke**, *Ueber die Betriebsführung von Sandfiltern auf Grundlage der zur Zeit giltigen sanitätspolizeilichen Vorschriften, Z. f. H.* (1894) 16. *Bd.* 151.
27) **C. Piefke**, *Aphorismen über Wasserversorgung vom hygienisch-technischen Standpunkte aus beobachtet, Z. f. H.* (1889) 7. *Bd.* 115.

28) **Fischer** (*Worms*), *Das Sandplattenfilter und seine Anwendung zur centralen Wasserversorgung der Städte, Hyg. Rdsch.* (1895) 5. *Bd.* 334; **Büsing**, *ibid.* 344.
29) **Cohn** *und* **Mendelssohn**, *Beiträge zur Biologie der Pflanzen* 2. *Bd* 1. *H.* 141.
30) **E. Klein**, *Ueber das System Hermite, Hyg. Rdsch.* (1894) 4. *Bd.* 337.
31) **G. Oppermann**. *Ein neues elektrolytisches Reinigungs- und Sterilisierungsverfahren von Trink- und Gebrauchswasser, Hyg. Rdsch.* (1894) 4. *Bd.* 865.
32) **Ohlmüller**, *Ueber die Einwirkung des Ozons auf Bakterien, Arbeiten a. d. Kais. Gez.-Amt* (1893) 8. *Bd* 229.
33) **E. van Ermengem**, *De la stérilisation des eaux par l'ozone, A. P.* (1895) 9. *Bd.* 673. *Vergl. auch: La technologie sanitaire* (1895) 169 *ff.*
34) **Albert Hendrik Nijland**, *Ueber das Abtöten von Cholerabacillen im Wasser, A. f. H.* (1893) 18. *Bd.* 335.

---

# XII. Die wasserleitenden Apparate.

**Ansammlungen gewisser pflanzlicher Organismen in Brunnen, Reservoirs und Leitungen. Desinfektion der Leitungen. Desinfektion der Brunnen.**

Unter den nicht pathogenen niederen Pflanzenformen, welche sich in den Wässern finden, beanspruchen einige Formen ein hygienisches Interesse insofern, als die massenhafte Entwickelung derselben in Brunnen, Wasserreservoirs und Leitungen das Wasser zum Genuß unbrauchbar zu machen imstande ist. Der wichtigste dieser Organismen ist die **Crenothrix polyspora**, das Brunnenhaar.

Bei der Untersuchung einer Anzahl von öffentlichen Brunnen Münchens fand Radlkofer[1] im Schlamm neben verschiedenen teils farblosen zarten, teils dunkleren gelblichen Pilzfäden, neben Fäden von Pilzalgen, Diatomeen, Bakterien und Vibrionen zahlreiche grünlich-gelbliche Flocken einer damals noch nicht näher untersuchten und beschriebenen chlorophylllosen Alge, welche für sich die Hauptmasse des Brunnenschlammes ausmachte. Da diese Flöckchen aus kleinsten farblosen Zellchen verschiedener Größe bestanden, welche durch eine mit anorganischem Material durchsetzte, gallertähnliche Zwischensubstanz zusammengehalten wurden, so faßte er sie als flockenartige Kolonien einer Algenart auf und nannte sie Palmella flocculosa. Aehnliche Funde machte Ferdinand Cohn[2] im Wasser zahlreicher Breslauer Brunnen. Er beobachtete gelbliche bis bräunliche Flocken, welche aus farblosen oder gelblich-bräunlichen, unverzweigten, durcheinander gewirrten Fäden von verschiedener Dicke bestanden. Die Fäden zeigten eine deutliche Scheide, welche vielfach braun gefärbt oder auch mit Eisenoxyd inkrustiert war. In der Scheide lag ein in zellige Abteiiungen gegliedertes Protoplasma, aus welchem sich durch Teilung von dem freien Ende des Fadens bis weit in den Faden hinein in reichlicher Menge größere oder kleinere, kugelige oder walzenförmige Körperchen, Makro- und Mikrogonidien, entwickelten. Aus der Scheide heraustretend, blieben sie zooglöenartig durch eine Intercellularsubstanz zusammengehalten. Vielfach wuchsen sie bereits im Innern (s. Fig. 35) der Scheide zu Stäbchen aus, welche dann die Hülle durchbrachen. Cohn erkannte richtig, daß diese Gebilde sich nur in den vom Lichte abgeschlossenen Räumen der Brunnen entwickelten. Durch die Untersuchungen von Zopf[3], welcher sie massenhaft auch in der Hallenser

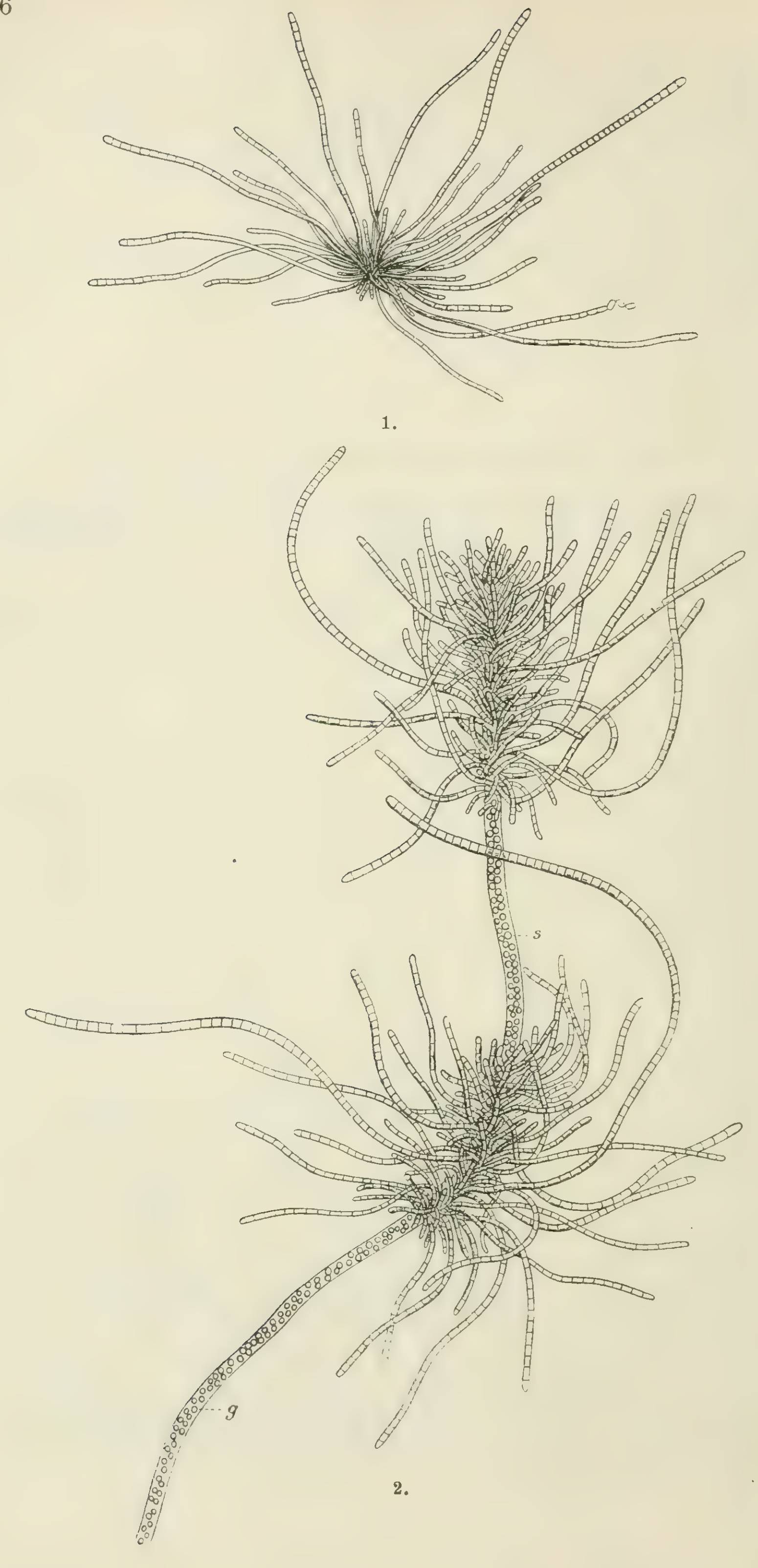

1.
s
g
2.







Fig. 35. **Crenothrix polyspora** aus W. **Zopf**, Untersuchungen über Crenothrix polyspora, die Ursache der Berliner Wasserkalamität, Berlin 1879.

1. Junge Crenothrixkolonie 160/1.

2. Ein mit Gonidien (*g*) erfüllter Fruchtfaden (Sporangium). Die Gonidien sind an zwei Stellen durch die Scheide *s* durchbrechend zu dichte Kolonien bildenden Fäden ausgewachsen, die in allen Zuständen der Entwickelung vorhanden sind, 450/1.

3. Fruktifizierender Faden (Sporangium), die Art der Gonidienbildung zeigend. Die Gonidien entstehen in dsr Weise, dafs die längeren vegetativen Glieder *g* sich durch Querwände in dünne Scheiben (bei *a*) teilen. An letzteren treten dann Längsteilungen ein (bei *bb*). Die Teilstücke runden sich hierauf ab (bei *c*), 900/1.

4. Bruchstücke alter brauner Crenothrixfäden, *a* vor, *b* nach Behandlung mit Salzsäure; *b* eine einfache Scheide darstellend, aus der alle Glieder ausgetreten sind, 540/1.

Wasserleitung fand, ist festgestellt, daß die Gonidien durch Querteilung sich massenhaft vermehren, indem zugleich die Membranen sich zu zarten Gallerthüllen umwandeln, und daß auf diese Weise gallertige Zellkolonien entstehen, welche etwa die Hälfte der in Brunnen und Reservoirs entwickelten massigen, schlammartigen Sedimente bilden. Diese Gallertkolonien sind identisch mit den palmellaartigen Massen, welche Radlkofer als neue Art, Palmella flocculosa, beschrieben hat. Weiterhin wurde ermittelt, daß dieser von

Cohn mit dem Namen Crenothrix polyspora belegte Organismus nur da gedeiht, wo er Eisenverbindungen zu seiner Verfügung hat. Ist ein Wasser eisenschüssig, wie ja meist das Wasser aus Tiefbrunnen in der norddeutschen Tiefebene, so entwickelt sich diese, nach den Angaben von Brefeld, Zopf und Bischoff[4] bis zu 20 m Tiefe im Boden vorkommende Algenart bei Abschluß von Licht in geradezu massenhafter Weise. In den Reservoirs und in den Leitungsröhren bilden sich flockig-fetzige, braun gefärbte Massen, welche fortwährend dem Wasser sich beimischen und dasselbe unappetitlich und ungenießbar, sowie auch für viele Industrien unbrauchbar machen. Der Wasserbezug aus Tiefbrunnen in Tegel bei Berlin mußte z. B. wegen der massenhaften Entwickelung der Crenothrix aufgegeben werden. Aehnliche Kalamitäten haben sich in Lille, Halle und in verschiedenen russischen Städten herausgestellt.

Nachdem geeignete Verfahren (S. 436 und [14]) gefunden sind, um das aus Tiefbrunnen gewonnene eisenhaltige Wasser bis auf minimale Reste von seinem Eisen zu befreien, hat die Crenothrix ihre praktische Bedeutung verloren, da sie in eisenfreiem Wasser nicht zu vegetieren vermag.

Ein anderer pflanzlicher Organismus, welcher in Aquädukten und Leitungen, sowie auch an den Turbinen von Wassermühlen mehrfach in stark belästigender Masse aufgetreten ist, ist das Selenosporium aquaeductuum (Rabenhorst et Radlkofer) oder Fusisporium moschatum (Kitasato)[5,6,7,8]. Das verzweigte Mycel des Pilzes bildet häutige oder faserige, deutlich nach Moschus riechende, farblose oder rötlich gefärbte Massen besonders an den Ausmündungsstellen von Leitungen.

Er ist ausgezeichnet und leicht erkennbar durch sichelförmige, infolge einer Querscheidewand doppelzellige Sporen, welche aus den Mycelfäden hervorwachsen.

Bei der überaus großen Sorgfalt, mit welcher jetzt überall der Betrieb der Wasserwerke überwacht wird, hat auch dieser Pilz praktisch keine Bedeutung mehr.

Sollte in längere Zeit unbenutzt gebliebenen Zapfhähnen einer Leitung durch zufällig von außen in dieselben gelangte Sporen eine Entwickelung von Selenosporiummassen stattfinden, so genügt ein kurzes kräftiges Durchspülen, um diese Vegetationen zu beseitigen. Eine besondere Desinfektion der Röhren wäre nicht erforderlich.

Die **Desinfektion des Röhrensystems** einer Leitung kann praktisch bisweilen in Frage kommen. Wenn in eine Leitung pathogene Bakterien, Cholerabakterien z. B., hineingelangt sind, so würden zwar auch diese vermutlich in kurzer Zeit durch kräftiges Durchspülen mit cholerabakterienfreiem Wasser daraus beseitigt werden. Immerhin aber wäre es doch möglich, daß die Cholerakeime zum Teil sich an den Wandungen festgesetzt hätten und nun bei Zuführung guten Wassers eine Zeitlang sich diesem beimischten. Es könnte demnach die Frage entstehen, ob es sich nicht empfehlen würde, die Cholerabakterien in den Leitungen abzutöten, bevor man Wasser durch die Röhren zum Gebrauch verteilt. Im Hinblick auf diese Frage hat Stutzer[9] eine Reihe von Versuchen angestellt. Nachdem er gefunden hatte, daß die Cholerabakterien bei einem Gehalt von 0,05 Proz. Schwefelsäure in destilliertem Wasser binnen einer Viertelstunde sicher abgetötet werden, suchte er zu ermitteln, ob nicht das-

selbe Agens zur Befreiung von Wasserleitungsröhren von Cholerabakterien verwendet werden könnte. Die Versuche ergaben ein positives Resultat. Da ein Teil der Schwefelsäure durch den Kalk- und Mangnesiagehalt der Wässer, sowie durch die in den Röhren sich findenden Ablagerungen von Eisenoxyd, kohlensaurem Kalk u. dgl. gebunden oder auch zur Lösung von Wandbestandteilen verbraucht wird, so wurde ein etwas höherer Gehalt des Wassers an Schwefelsäure erforderlich, um wie in destilliertem Wasser die Cholerabakterien binnen 15 Minuten sicher abzutöten. 2 Promille Schwefelsäure genügten vollkommen. Alte Eisenröhren oder neue doppeltasphaltierte Eisenröhren wurden nur unwesentlich, Bleiröhren überhaupt nicht durch 2 Promille Schwefelsäure angegriffen. Dagegen zeigte es sich, daß eine mechanische Loslösung der in den eisernen Röhren vorhandenen Inkrustationen von Eisenoxyd, kohlensaurem Kalk u. dgl. in erheblicher Menge durch den Zusatz von 2 Promille Schwefelsäure herbeigeführt wurde. „Vermutlich", sagt Stutzer, „werden auch Algen oder andere vegetabilische und animalische Lebewesen getötet werden, falls solche Organismen vorhanden sind." Die Desinfektion ist billig, da mit 100 kg 60-grädiger Schwefelsäure, welche $6^1/_2$ Mark kosten, 40000 l Wasser desinfiziert werden können oder, bei einem Kubikinhalt von 4 l für jeden laufenden Meter der Leitungsröhren, 10000 m Leitung.

In der Praxis hat sich der Vorschlag Stutzer's gut bewährt. Wie Neisser[10] berichtet, wurden im Sommer 1894 auf Anordnung und unter Leitung von Flügge zwei größere Wasserleitungen in der von Stutzer angegebenen Weise mit Schwefelsäure desinfiziert. Es handelte sich um eine Choleraepidemie in Hohenlohehütte und eine Typhusepidemie in Freiburg i. Schl. In beiden Fällen ließ man die Säure einige Stunden in der gesamten Leitung stehen und ließ dann gründlich durchspülen. Es waren allerdings fast 3 Tage nötig, ehe auch die letzten Spuren der Säure verschwunden waren, die bakteriologischen Resultate waren aber völlig befriedigend, und auch die Röhren wurden nicht angegriffen.

Sehr viel häufiger wird sich die Notwendigkeit herausstellen, **Brunnen zu desinfizieren,** welche infektionsverdächtig sind, oder von denen es erwiesen ist, daß sie zu Infektionen Anlaß gegeben haben. Empfehlen wird es sich natürlich, nicht solche Brunnen zu desinfizieren, welche, hygienisch schlecht konstruiert, fortdauernd neuen Infektionen von außen her ausgesetzt sind, und ebensowenig solche, deren zuströmendes Grundwasser infiziert ist. Derartige Brunnen sind nicht zu desinfizieren, sondern einfach zu schließen. Gar nicht selten aber kommt es vor, daß Brunnen bei im übrigen guter Konstruktion durch fehlerhaften Abschluß gegen Tagewässer infiziert werden. Derartige Brunnen schnell von den in ihnen enthaltenen Infektionsstoffen zu befreien und gebrauchsfähig zu machen, kann praktisch von Wichtigkeit sein.

Es liegt auf der Hand, daß man sehr viel häufiger in die Lage kommen wird, Kesselbrunnen zu desinfizieren als Röhrenbrunnen: weil meist nur die ersteren wegen der umfangreichen Umwandungen und Bedeckungen der weiten Lumina, welche Defekte darbieten können, Infektionen ausgesetzt sein werden.

Die Desinfektion der Röhrenbrunnen macht keine Schwierigkeiten. Nach den Untersuchungen C. Fränkel's[11] gelingt es leicht,

einen Röhrenbrunnen zu desinfizieren, indem man nach Abnahme des Pumpenkopfes in die offene Röhre einige Liter einer konzentrierten Laplace'schen Karbol-Schwefelsäure-Mischung eingießt und die Pumpe wieder aufstellt, kurz in Thätigkeit setzt und bis zum anderen Tage sich selbst überläßt. Nach gehörigem Abpumpen bis zum Verschwinden des Phenolgeruches und -geschmackes ist das Wasser wieder benutzbar. Ebenso leicht gelingt die Desinfektion, wenn man nach dem Vorschlage Neisser's durch Einleiten von Dampf den Inhalt auf 96—98° C. bringt.

Sehr viel schwieriger dagegen gestaltet sich die Desinfektion der Kesselbrunnen erstlich, weil sie gewöhnlich ein erheblich größeres Wasserquantum enthalten als die Röhrenbrunnen, ferner, weil meist an ihrem Grunde eine mehr oder weniger starke Schlammschicht angesammelt ist, und endlich, weil die Infektionserreger, in Ritzen und Fugen der Wandungen des Kessels verborgen, gegen die Einwirkung der Desinficientien geschützt sind.

Gelegentlich der Ueberschwemmungen weiter Landstrecken durch die aus ihren Ufern getretenen Flußläufe erließ das Königl. Preuß. Ministerium unter dem 9. April 1888 ein „Rundschreiben, betreffend die Gesundheitsschädigungen durch Ueberschwemmungen". In demselben heißt es: „Was die Brunnen betrifft, so ist nach den bisherigen Erfahrungen anzunehmen, daß die sog. abessynischen (Röhren-)Brunnen unter dem Einfluß der Ueberschwemmung in der Regel nicht leiden und fortgesetzt zu benutzen sein werden. Die Wiederherstellung der Pumpbrunnen erfolgt durch möglichst vollständiges Auspumpen und Reinigen der Kessel, welche hierauf mit Kalkpulver zu desinfizieren sind. Die Schöpfbrunnen werden thunlichst ausgeschöpft, und alsdann wird in dieselben eine mäßige Portion Kalkpulver oder auch gebrannter Kalk in gröberen Stücken geschüttet. Zeigt sich nach wieder erfolgter Ansammlung des Wassers dasselbe (von Kalk) erheblich getrübt, so ist das Auspumpen und Ausschöpfen noch einmal zu wiederholen."

Die Versuche, welche C. Fränkel an einem 1,3 cbm Wasser haltenden Kesselbrunnen im hygienischen Institute zu Berlin anstellte, ergaben, daß durch 25 kg und auch durch 10 kg Kalk eine Desinfektion des im Brunnen angesammelten Wassers erzielt werden konnte. Auch wenn vor der Desinfektion große Mengen von Sporen des Heubacillus, des Bacillus der blauen Milch und M. prodigiosus zugesetzt waren, wurde das Wasser unter der Wirkung von 20 kg gelöschten Kalkns keimfrei, und auch in der Folge ließen sich auf den Platten Spuren der 3 genannten, zum Teil so leicht kenntlichen Mikroorganismen nicht wieder bemerken. Sobald aber nach dem Auspumpen die alkalische, durch den gelösten Kalk bedingte Reaktion verschwunden war, traten wieder reichlich Keime auf. Fränkel ist der Meinung, daß die in der Schlammschicht am Grunde vorhandenen Bakterien nicht durch den Kalk abgetötet werden, und daß nach Entfernung des Desinficiens ihre Entwickelung in dem zuströmenden Wasser von neuem beginnt. Eine Desinfektion des gesamten Kesselinhaltes findet demnach nicht statt. Die Karbol-Schwefelsäure-Mischung ergab noch schlechtere Resultate als der Kalk.

Auch Bratanowicz[12] konnte weder mit Kalk noch mit Wasserstoffsuperoxyd noch mit Pyoktanin eine völlige Sterilität solcher Brunnen erzielen.

Neisser[10] hat nun die Frage nach der Desinfektion der Brunnen von neuem in Angriff genommen, Nach seiner Ansicht ist eine völlige Sterilität des Brunnens weder praktisch nötig, noch kann sie als Kriterium für eine gelungene Brunnendesinfektion gelten. „Denn“, sagt er treffend. „einerseits wird es schwer sein, die teilweise außerordentlich resistenten Keime des Brunnenbodens und der Brunnenwandung zu vernichten, andererseits ist aber auch bei gelungener Sterilisierung eine baldige Reinfektion des Brunnens mit irgend welchen Saprophyten, besonders bei öfteren Untersuchungen des Brunnens, nicht auszuschließen. Und eine dauernde Sterilität ist begreiflicherweise doch nicht zu erzielen.

Als Kriterium eines gelungenen Brunnendesinfektionsversuches kann deshalb nur angesehen werden das dauernde Verschwinden von vorher zugesetzten Keimen, die in Wasser lebensfähig oder sogar entwickelungsfähig sind, die in ihren Lebensbedingungen den in Betracht kommenden pathogenen Keimen etwa entsprechen, denen ferner Zeit gelassen wird, sich im Brunnengebiet anzusiedeln, und die auch in geringer Zahl auf den Platten mit Sicherheit identifiziert werden können.“

Nach diesen Gesichtspunkten stellte er praktische Versuche an einem durchschnittlich 1800 l haltenden Kesselbrunnen im hygienischen Institut zu Breslau an. Als infizierenden Organismus wählte er den Bacillus prodigiosus. Reichliche Mengen desselben wurden 24 Stunden vor der Desinfektion in den Brunnen eingebracht.

Es ergab sich nun, daß weder eine 9 pro mill. Schwefelsäure nach 5-tägiger Einwirkung noch 30 kg Kalk die eingebrachten Keime zum Verschwinden zu bringen vermochten.

Wohl aber wurde das gewünschte Resultat erzielt, als er den Brunneninhalt durch Dampfzuleitung zum Kochen brachte. Mit Hilfe einer Lokomobile gelang es, bei 2 Centner Steinkohlenverbrauch und mit einer Dampfspannung von $3^1/_4$—4 Atmosphären den Brunneninhalt in 2 Stunden 25 Minuten von 10° auf 96° zu bringen. Während der Erwärmung wurde das heiße Brunnenwasser $^3/_4$ Stunden lang durch die Pumpe herausbefördert, um diese zu desinfizieren. Dadurch wurden aber die Lederventile beschädigt. Das Wasser im Brunnen kühlte in 1 Tage auf 45°, nach 2 Tagen erst auf 34° ab; nach 6 Tagen war die Temperatur in den oberen Schichten noch 18° C.

Der Erfolg war aber der, daß es zum ersten Male gelungen war, die eingebrachten Keime wirklich zu vernichten. Denn in keiner der im Laufe der nächsten 8 Tage entnommenen Brunnenwasser- oder Pumpenrohrwasserproben war der Prodigiosus nachweisbar.

Der Versuch wurde wiederholt. nur mit dem Unterschiede, daß vor der Desinfektion die Pumpe abgeschraubt, die Lederteile mit Sublimat und die Rohre dann durch Einleiten von Dampf desinfiziert wurden. Auch wurde zur Desinfektion der mit Prodigiosus beworfenen Wandungen der Dampfstrahl benutzt, indem mit dem Schlauche alle Teile derselben bestrichen wurden. Im übrigen wurde wie im ersten Versuche verfahren und das Wasser auf 98° C. erhitzt. In diesem Versuche wurde das Wasser nie völlig keimfrei befunden, aber der Prodigiosus erschien nie wieder in den Kulturen aus den Wasser- und Schlammproben.

Demnach besitzen wir in der Dampfdesinfektion ein sicheres

Mittel, um infizierte Brunnen von solchen Infektionskeimen zu befreien, welche bei Temperaturen von unter 100 ° C. zu Grunde gehen. Die Kosten berechnet Neisser für eine Desinfektion in der Stadt auf 30 Mark.

In der Praxis scheint die Desinfektion mit Kalk wenigstens gegenüber den Cholerabakterien auszureichen. Hankin[13], welcher in Agra in Indien mit Cholerabakterien infizierte Brunnen zu desinfizieren versucht hat, um deren Wasser in Ermangelung unverdächtigen Wassers schnell wieder benutzbar zu machen, fand, daß in 10 von 14 Brunnen, welche cholerabacillenhaltiges Wasser führten, durch einen Zusatz von 1 Teile Kalk auf 1000 Teile Wasser alle Cholerakeime getötet wurden. 4 Brunnen boten so schlechte örtliche Verhältnisse, daß jederzeit eine neue Infektion von der Umgebung stattfinden konnte.

Voraussichtlich wird das hinsichtlich seiner Wirksamkeit als zuverlässig jetzt anerkannte Traube'sche Chlorkalkverfahren (S. 707) auch bei der Brunnendesinfektion mit besserem Erfolge noch als der Kalkzusatz Verwendung finden.

1) **L. Radlkofer**, *Mikroskopische Untersuchung der organischen Substanzen im Brunnenwasser, Zeitschrift f. Biologie* (1865) 1. *Bd.* 1. *H.* 26.
2) **Ferdinand Cohn**, *Ueber den Brunnenfaden* (*Crenothrix polyspora*) *mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers, Beiträge zur Biologie der Pflanzen* (1870) 1. *Bd.* 1. *H.* 108.
3) **Zopf**, *Entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über Crenothrix polyspora, die Ursache der Berliner Wasserkalamität, Berlin* 1879; *Zur Morphologie der Spaltpilzpflanzen, Leipzig* 1882; *Die Spaltpilze, Breslau* 1883.
4) **Bischoff**, *Bericht über die chemischen und mikroskopischen Untersuchungen der Wässer der Tegeler Anlage, Berlin* 1879.
5) **B. Eyfert**, *Zur Entwickelungsgeschichte des Selenosporium aquaeductuum Rbh. et Radlkofer, Botanische Zeitung* (1882) 691.
6) **S. Kitasato**, *Ueber den Moschuspilz, C. f. B.* (1889) 5. *Bd.* 365.
7) **Heller**, *Zur Kenntnis des Moschuspilzes, C. f. B.* (1889) 6. *Bd.* 97.
8) **von Lagerheim**, *Zur Kenntnis des Moschuspilzes, Fusisporium aquaeductuum Lagerheim* (*Selenosporium aquaeductuum Rabenhorst et Radlkofer, Fusisporium moschatum Kitasato*), *C. f. B.* (1891) 9. *Bd.* 655.
9) **A. Stutzer**, *Versuche über die Einwirkung sehr verdünnter Schwefelsäure auf Wasserleitungsröhren zur Vernichtung der Cholerabakterien, Z. f. H.* (1893) 14. *Bd.* 116.
10) **Max Neisser**, *Dampfdesinfektion und -sterilisation von Brunnen- und Bohrlöchern, Z. f. H.* (1895) 20. *Bd.* 307.
11) **Carl Fränkel**, *Untersuchungen über Brunnendesinfektion und den Keimgehalt des Grundwassers, Z. f. H.* (1889) 6. *Bd.* 23.
12) **Bratanowicz**, *Ueber den Keimgehalt des Grundwassers in Dorpat und Brunnendesinfektionsversuche, Inaug.-Diss. Dorpat* (1892), *cit. nach Neisser*, 303.
13) **E. H. Hankin**, *The disinfection of wells* (*From the Governement Laboratory, Agra*), *The Indien medical gazette* (1894) *No.* 10, *Nov.*, *ref. C. f. B.* (1895) 18. *Bd.*
14) **Lübbert**, *Freiwillige Eisenausscheidung aus Grundwasser und eine Enteisenungsmethode für Kesselbrunnen, Z. f. H.* (1895) 20. *Bd.* 397.

---

## Verzeichnis der Abbildungen.



---

## Abkürzungen.

A. f. H. = Archiv für Hygiene.

A. P. = Annales de l' Institut Pasteur.

C. f. B. = Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde.

D. m. W. = Deutsche medizinische Wochenschrift.

H. R. = Hygienische Rundschau.

Z. f. H. = Zeitschrift für Hygiene.

# DIE
# BEURTEILUNG DES TRINKWASSERS.

BEARBEITET

VON

**DR. F. LOEFFLER,**
GEH. MED.-RAT UND O. Ö. PROFESSOR
AN DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

**DR. R. SENDTNER,**
INSPEKTOR DER KGL. NAHRUNGSMITTEL-
UNTERSUCHUNGS-ANSTALT IN MÜNCHEN.

---

# Inhaltsübersicht.

# Einleitung.

(Verfasser: R. Sendtner.)

Die einfachste Art der Beurteilung des Trinkwassers, die sog. physikalische Prüfung (Farbe, Geruch, Geschmack, Klarheit, Temperatur) bildete bis gegen Mitte unseres Jahrhunderts nahezu die einzige Handhabe zur Beurteilung der Brauchbarkeit eines Wassers für Wasserversorgung. Ihr reihte sich allenfalls eine mikroskopische und, wenn es viel war, eine qualitative chemische Prüfung an. Erst allmählich wurde die quantitative Analyse, wie sie ja schon früher bei den Mineralwässern Anwendung gefunden hatte, auch auf das Trink- und Nutzwasser übertragen; doch fehlte es noch vielfach an den nötigen Grundlagen für die Beurteilung auf Grund der gewonnenen Resultate. Dazu kam, daß sich die Analysen oft nur auf einen oder zwei Bestandteile, die man für besonders schädlich hielt, erstreckten. Daher ist das ältere Analysenmaterial zum großen Teil noch sehr lückenhaft Erst die grundlegenden Arbeiten eines Trommsdorff, E. Reichardt, W. Kubel, Ferd. Fischer u. a. ebneten die Wege, welche der chemischen Analyse nunmehr einige Jahrzehnte hindurch die Alleinherrschaft auf dem Gebiete der Wasserhygiene sicherten.

Als jedoch im Beginn der 80er Jahre R. Koch seine neue Methode zur Trennung und isolierten Beobachtung der Bakterien bekannt gegeben hatte, und als uns die Technik des Mikroskops in die Welt der Mikroorganismen tiefer einzudringen gestattete, nahm mehr und mehr die Bakteriologie das Recht der Beurteilung eines Wassers für hygienische Zwecke in Anspruch. Einem großen Teil der Hygieniker schien es unzweifelhaft, daß die Bakteriologie auf diesem Gebiete mehr zu leisten imstande sein werde als die Chemie, ja mancher ging so weit der letzteren für die Beurteilung eines Trink- oder Nutzwassers jeden Wert abzusprechen. Mit der in den letzten Jahren ungemein verfeinerten und ausgebildeten Technik der Bakteriologie gelangte man aber auch zu der Erkenntnis, daß sich diese Hoffnung, wenn nicht als unerfüllbar, so doch häufig als trügerisch erwies. M. Gruber[1] gebührt das Verdienst, den Wert der Bakteriologie auf dem Gebiete der Wasserbeurteilung in seine richtigen Bahnen zurückgeleitet zu haben — er war auch derjenige, der zuerst wieder auf die Wichtigkeit der Okularinspektion hinwies. Es war hiermit im Grunde kein neuer Standpunkt für die Beurteilung des Trinkwassers geboten; wenn es aber notwendig war hierauf in der entschiedenen Weise, wie es Gruber ge-

than, aufmerksam zu machen, so bewies dieses nur, daß allmählich die Methode, welche für eine einwandfreie und erfolgbringende Beurteilung von so großer Bedeutung ist, bei einem großen Teil der Sachverständigen gänzlich in Vergessenheit geraten sein mußte und der Schablone Platz gemacht hatte.

Diese Methode bestand früher und besteht heute noch in der vereinten Thätigkeit des Wasserbautechnikers, des Chemikers und des Hygienikers und in der richtigen Verwertung des gesammelten Beobachtungsmateriales.

E. Reichardt[2] betonte schon 1872, daß von den Brunnen alle äußeren Zuflüsse und Verunreinigungen abzuhalten sind. „Um den Brunnen herum müssen Abzugskanäle so gelegt werden, daß Flüssigkeiten von außen überhaupt nicht einfließen können, weshalb die Ummauerung des Brunnens auch noch 1—2 Fuß über dem Erdboden zu erheben ist. Jedoch auch die in dem Erdboden befindliche Fassung des Brunnens muß mit wasserdichtem Materiale, fettem Thon oder Cement, so weit umhüllt sein, daß diese Umhüllungen möglichst auf dem festen Gestein aufsitzen und die Quelle mehr und mehr isolieren."

Und im Jahre 1876 hat der Verein für öffentliche Gesundheitspflege in seiner Versammlung zu Düsseldorf[4] unter anderen Thesen folgende angenommen:

„Was die Qualität betrifft, so können Grenzwerte für die erlaubte und unschädliche Menge fremder Bestandteile im Wasser zur Zeit nicht aufgestellt werden. Die Hauptsache ist, daß durch die Art der Anlage eine Verunreinigung namentlich durch animalische und exkrementielle Stoffe, sowie durch häusliche Abfallstoffe ausgeschlossen ist."

Und weiter: „Da erfahrungsgemäß die Qualität des Wassers einem Wechsel unterworfen sein kann, so ist es dringend erwünscht, daß regelmäßige, etwa monatliche Wasseruntersuchungen vorgenommen werden."

Wenn wir unter „Wasseruntersuchung" heute nicht bloß die chemische, sondern auch die bakteriologische verstehen und dieselbe in dem Sinne in obige Thesen aufnehmen, so haben wir keine Veranlassung, von diesem Programme bei der Beurteilung der Wasserversorgungsanlagen abzugehen.

Dementsprechend sind auch die Vorschläge Flügge's[3] in dem Sinne zu begrüßen, als hiermit eindringlichst vor Außerachtlassung der wichtigsten Fragen gewarnt wird. Nur ist mit der Besichtigung und sachverständigen Untersuchung der Entnahmestelle und der Betriebsanlage allein sehr oft nichts anzufangen. Es beruht auf einer Verkennung der Thatsachen und hieße das Kind mit dem Bade ausschütten, wollte man behaupten, daß die Okularinspektion alles leiste, was wir brauchen. Vor Uebertreibungen in dieser Richtung hat man sich ebenso zu hüten wie vor Ueberschätzung des Wertes der chemischen oder bakteriologischen Prüfung. Eine Beurteilung der Wässer lediglich auf Grund eingesandter Proben ist im allgemeinen nicht zu billigen, vorausgesetzt, daß nicht der Sachverständige die geologischen und hydrologischen Verhältnisse der Gegend, welcher die Probe entstammt, durch eigene Erfahrung genau kennt. Auch dann wird er sich aber zunächst darauf beschränken müssen, zu erklären, daß die Probe im allgemeinen den Verhältnissen entspricht, welche die reinen Quell-

wasser jener Gegend aufweisen. Die örtliche Lage des Quellursprungs, der Entnahmestelle, ihre Entfernung von bewohnten oder kultivierten Stätten, von Flußläufen, Bächen, Seen, Abladeplätzen von Hausunrat und dergl. sind ebensowenig außer acht zu lassen wie die Ermittelung der Ergiebigkeit, der Temperatur, Strömungsrichtung, Gefälle und Niveau des Grundwassers.

Die Untersuchung der Versorgungsstelle wird am zweckmäßigsten von einem chemisch und hygienisch gebildeten Sachverständigen unter Zuziehung eines Wasserbautechnikers erfolgen.

Insbesondere bei Vorarbeiten für städtische Wasserversorgungen darf die chemische Untersuchung unter sorgfältiger Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse nicht vernachlässigt werden. Wie sollte sich ohne eine solche und zwar periodisch wiederkehrende Kontrolle z. B. feststellen lassen, ob die ins Auge gefaßte Entnahmestelle zu einem benachbarten Flußlaufe in Beziehung steht oder nicht? Bei zahllosen Oertlichkeiten, die gezwungen sind ihr Wasser aus Flußthälern zu entnehmen, spielt diese Frage mit.

Oder wie sollte sich der Einfluß einer Abortanlage, einer Düngerstätte u. a. auf einen Brunnen durch bloße Okularinspektion mit mehr als mit bloßer Wahrscheinlichkeit feststellen lassen, wenn nicht die chemische Analyse, Richtung des Grundwasserstromes mit in Betracht gezogen wird?

Oder wie wollte man gar bei einer im übrigen tadellosen Brunnenanlage durch bloße Augenscheinsnahme konstatieren, ob nicht dem Brunnen von unten her durch die Strömung des Grundwassers Verunreinigungen zugeführt werden?[5]

Daß die Beantwortung dieser Fragen ohne praktische Bedeutung für die Hygiene wäre, wird wohl niemand einfallen, im Ernste zu behaupten.

Gewiß kann es ganz einfach liegende Fälle geben, wo eine bloße Okularinspektion sofort ein bestimmtes und einwandfreies Urteil zuläßt, ebenso wie es auch Fälle geben kann, in denen eine bloße Geschmacks- oder Geruchsprobe, ja schon das Aussehen des Wassers Ausschlag geben kann für die Verwerfung eines Wassers zu Genußzwecken. Allein der Frage näher zu treten, woher die Verunreinigung rührt, ob derselben beizukommen, zu begegnen, in welcher Weise dies zu geschehen hat, ob die gefaßten Maßnahmen auch von Erfolg, und von dauerndem Erfolg begleitet waren, dies zu entscheiden, hat sowohl der Chemiker wie der Bakteriologe zu übernehmen.

Daraus folgern zu wollen, eine chemische Analyse habe bei Trinkwasser keinen Wert, weil ein Zusammenhang zwischen — in chemischem Sinne — stark verunreinigtem Wasser und Infektionskrankheiten noch nirgends einwandfrei nachgewiesen worden sei, und weil die chemische Analyse uns darüber nicht aufklärt, wie eine Infektion auch bei Genuß sonst reinsten Wassers zustande kommt, wäre keineswegs gerechtfertigt; ebensowenig wie die Behauptung, eine Sicherung der Brunnenanlage oder der Wasserentnahmestelle gegen das Eindringen von Oberflächenwasser sei genügend, um uns gegen Infektion auf diesem Wege zu schützen. Denn wenn einmal feststeht, daß auch das in chemischem Sinne reinste Wasser zu Zeiten Träger von Infektionskeimen sein kann, so müssen wir mit dieser Möglichkeit stets, ja bei jedem Glas Wasser, das wir trinken, rechnen. Auf diese bloße Möglichkeit

hin aber dem chemischen Nachweise stattgehabter oder stattfindender Verunreinigung hygienischen Wert abzusprechen, heißt übers Ziel hinausschießen.

Ueber die Wandlungen in den Anschauungen über den Wert der bakteriologischen Untersuchung für die Beurteilung der Wässer vergl. dies. Bd. S. 598 ff.

1) **M. Gruber**, *Grundlagen der hyg. Beurteilung des Wassers, D. Viertelj. f. öff. Gesdhtspfl.* (1893) 25. *Bd.* 415—431.
2) **E. Reichardt**, *Grundlagen etc.*, 2. *Aufl.*, *Jena* 1872, 43.
3) **C. Flügge**, *Hyg. Beurteilung von Trink- und Nutzwasser, Vortrag XX. Vers. d. D. Vereins f. öff. Gesdhtspfl., Chem. Ztg.* (1895) 19. *Bd.* 1752. — *Vergl. hierzu noch:* **A. Gärtner**, *Hyg. des Trinkwassers, Journ. f. Gasbel. etc. Leipzig u. München* (1894) 448.
4) *D. Viertelj. f. öffentl. Gesdpfl.* 9. *Bd.* 114 (1877).
5) **E. Pfuhl**, *Die Verunreinig. d. Grundwasserbrunnen von unten her, Z. f. Hyg. und Inf* (1895) 21. *Bd.* 1.

## I. Beurteilung des Trinkwassers auf Grund der Okularinspektion.

(Verfasser: R. Sendtner.)

Um sich ein Bild zu schaffen, in welcher Weise eine Okularinspektion der Entnahmestelle verwertbare Resultate geben kann, hat man sich zunächst darüber klar zu sein, welche Modalitäten bei einer Gefährdung einer Wasserbezugsanlage überhaupt in Frage kommen können:

In erster Linie ist auf benachbarte Abort- und Versitzgruben, überhaupt auf Oertlichkeiten, wo menschliche Exkremente gesammelt werden, Rücksicht zu nehmen.

Ferner auf Mist- oder Düngerhaufen, Jauchebehälter, wie solche mit Vorliebe bei den ländlichen Oekonomie-Anwesen der ärmeren Gegenden unmittelbar in Verbindung mit dem Wohnhause und dem Aborte zu stehen pflegen.

Desgleichen kämen Stallungen und deren Abflußrinnen in Betracht; Waschplätze, Ansammlungen von Küchenabfällen, überhaupt Haushaltungsabgängen aller Art, ferner Zuflüsse von Schlächtereien, gewerblichen Betrieben, Fabriken.

Auch auf zeitweise stattfindende Ansammlungen größerer Menschen- oder Tiermassen, wie Märkte, Volksfeste, landwirtschaftliche Feste und dergl. wäre Rücksicht zu nehmen.

Ganz besonders aber wäre zu achten auf das Eindringen von Oberflächenwasser aus Straßen, Rinnsalen, Abzugsgräben, Tümpeln mit stagnierendem, fauligem Gewässer; auf das Düngen der Wiesen und Aecker, Gärten etc.

Begräbnisplätze kämen nur dann in Betracht, wenn der Kadaver oberflächlich verscharrt wird, oder eine Ueberladung des Bodens mit Kadavern derart stattfindet, daß das Bodenmaterial zur Mineralisierung nicht mehr ausreicht. Denn daß die frühere Furcht vor der sog. „Leichenjauche“ eine vielfach übertriebene war, lehrten die sorgfältigsten neueren Untersuchungen.

Bei Anlagen, Quellfassungen an Berggehängen und Schluchten wäre insbesondere darauf Bedacht zu nehmen, daß dieselben gegen nachgeschwemmtes Erdreich und dadurch bewirkte me-

chanische Verunreinigungen, zeitweise Trübungen genügend geschützt werden.

Die Möglichkeit, daß derlei Verunreinigungen direkt von der Oberfläche in die Wasserversorgungsanlage gelangen können, ist durch entsprechende Sicherungen seitens des Wasserbautechnikers zu heben. Es ist nur zu bedauern, daß insbesondere bei ländlichen Gehöften in dieser Beziehung gegen alle hygienischen Grundsätze verstoßen wird. In manchen Gegenden, z. B. im Allgäu ist es noch vielfach üblich, daß bei kleinen Häuslern Stallung, Abort, Jauchegrube und Brunnen mit dem Hause aufs engste verbunden sind derart, daß die Wohnräume zum Teil direkt über der angesammelten Jauche liegen und der Brunnen mit Mistjauche von oben und unten gespeist wird. Der Laie glaubt eben vielfach — leider sogar mancher sog. Sachverständige — wenn nur das Wasser klar und frisch ist, dann ist es auch gut!

Die an den offenen Kesselbrunnen (Ziehbrunnen, Cisternen) in der Regel angebrachten Umwallungen aus Steingemäuer verhindern zwar zum Teil das Eindringen von Verunreinigungen von der den Brunnen umgebenden Erdoberfläche, sind aber kein genügender Schutz, sobald das Mauerwerk schadhaft wird. Verunreinigungen von oben her sind derartige Anlagen jederzeit ausgesetzt, indem über der Brunnenmauer mancherlei Verrichtungen vorgenommen werden (Waschen etc.), die Quelle einer Infektion werden können. In den Brunnenschacht oder direkt in das angesammelte Wasser können Zuflüsse von naheliegenden Aborten etc. stattfinden. (Vergl. S. 603 ff.)

Auch bei den gedeckten Kesselbrunnen, den gewöhnlichen Pumpbrunnen ist auf die geschilderten Verhältnisse stets zu achten. Immer muß die ganze Brunnenanlage (Brunnenschacht und Pumpe) gegen den Zufluß von Oberflächenwasser vollständig gesichert sein. Die Brunnenrohre, die ja in diesen Brunnen in der Regel aus Holz bestehen, sind sorgfältig zu prüfen, ob sie nicht schadhaft geworden sind. (Vergl. S. 603 ff.)

Die Wandungen des Brunnenschachtes sind gegen seitliche verunreinigende Zuflüsse möglichst zu schützen, ebenso die Brunnensohle. Es kann nur dann bei diesen Brunnen auf gutes Wasser gerechnet werden, wenn dieselben in genügender Entfernung von den oben erwähnten Verunreinigungscentren angelegt werden, und wenn man sich erst vergewissert hat, daß die Strömung des Grundwassers dem Brunnen auch keine Verunreinigungen von größerer Entfernung her zuführen kann.

Die Feststellung seitlich, überhaupt unterirdisch stattfindender Verunreinigungen ist bei diesen Brunnenanlagen durch die bloße Augenscheinseinnahme nicht so leicht zu bewerkstelligen. Man wird hier der Beihilfe eines Technikers nicht entraten können. Bei der Besichtigung des Brunnenschachtes selbst sind die Wandungen sorgfältig nach sog. „Schmutzstreifen" abzusuchen, Stellen, an denen seitliche Zuflüsse mit Verunreinigungen einsickern. Dieselben können, wenn solche Zuflüsse nur zeitweise, z. B. bei reichlichen atmosphärischen Niederschlägen stattfinden, bei andauernder Trockenheit abtrocknen und sich so der Beobachtung leicht entziehen.

Auch die vertikalen und horizontalen Bewegungen des Grundwassers sind bei der Beurteilung von Brunnenverunreinigungen wohl zu berücksichtigen. Brunnen, die, dem Gefälle und der Strömung des Grundwassers folgend, in der Nähe von Abortanlagen und dergl. angelegt sind, führen in der Regel verdächtiges Wasser.

Eine Untersuchung der unter dem Wasserspiegel liegenden Teile des Brunnenschachtes kann nur nach kräftigem Auspumpen bewerkstelligt werden.

Gute Dienste kann die Verwendung des Saprols, des bekannten Desinfektionsmittels, insofern leisten, als mit diesem ein Mittel an die Hand gegeben ist, der Verunreinigungsquelle leichter nachgehen zu können. H. Nördlinger hat nachgewiesen, daß der charakteristische, leuchtgas- oder naphthalinartige Geschmack des Saprolwassers noch in einer Verdünnung von 1 : 1000000 so durchdringend ist, daß er unbedingt wahrgenommen werden muß. Wird also das Saprol nach der Vorschrift für Desinfektionszwecke in eine Grube gegossen, die im Verdacht steht, die Verunreinigung eines benachbarten Brunnens verursacht zu haben, so wird es, je nach der Porosität des Bodenmateriales, bald oder in wenigen Tagen im Wasser jenes Brunnens zu schmecken sein [1].

Immerhin wird eine auf die geschilderte Weise vorgenommene Brunneninspektion nur in Ausnahmefällen allein zu einem sicheren, einwandsfreien Schlusse führen. Die Entnahme von Proben des Brunnenwassers für chemische und bakteriologische Zwecke reiht sich daher derselben an oder geht derselben voraus (vergl. über die Probeentnahme S. 509 und 569 dieses Bandes).

Für diese Zwecke ist es sehr empfehlenswert, sich mit geeigneten Apparaten und Reagentien für die Prüfung an Ort und Stelle zu versehen. Für die chemische Analyse würde sich die Mitnahme einiger Glascylinder (Reagensgläser) sowie einiger Flaschen, Stöpsel, ferner von etwas Silbernitratlösung, Neßler'schem Reagens, Jodzinkstärkekleister, Diphenylamin in Lösung (sog. Kopp'sche Lösung) und diverser Reagenspapiere empfehlen (vergl. hierüber die qualitative chemische Analyse S. 511 ff. dieses Bandes).

Erscheint das Wasser trübe, gefärbt, von abnormem Geruch oder Geschmack oder von deutlich saurer oder erheblich alkalischer Reaktion, so ist dieser Befund an Ort und Stelle zu notieren; desgleichen wenn Reaktionen auf Ammoniak, salpetrige Säure oder stärkere Reaktionen auf Salpetersäure erhalten werden.

Es ist oft von großem Vorteil, sich an Ort und Stelle durch eine qualitative chemische Prüfung seitlicher Zuflüsse im Brunnenschachte über die Ursache einer Verunreinigung, bez. über die Lage von deren Quelle orientieren zu können. Doch können derartige Untersuchungen nur in den Händen Sachverständiger Wert beanspruchen.

Bei der Benutzung von Quellen für eine Wasserversorgungsanlage ist es notwendig, sich über den Ursprung des Wassers und darüber zu vergewissern, ob es in seinem Laufe Gelegenheit findet, Verunreinigungen aufzunehmen; auch ist der Fassung der Quelle besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Diesen Beobachtungen hätte sich die Prüfung auf Temperatur, Farbe, Geruch, Geschmack, Klarheit u. a. anzureihen. Auch hier wird eine qualitative chemische Vorprüfung in Verbindung mit bakteriologischer Untersuchung an Ort und Stelle gute Dienste thun.

Soll Grundwasser oder Quellwasser für eine Wasserversorgungsanlage benutzt werden, so ist selbstverständlich durch den Techniker festzustellen, ob die Wasserquantität auch genügt und ob dieselbe nicht zu großen Schwankungen ausgesetzt ist. Die chemische Analyse kann hierbei, wo es sich sehr oft um die Einflüsse der Entnahmestelle nahegelegener Flußläufe handelt, gar nicht entbehrt werden.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so sind ohne weiteres als verdächtig alle jene Wasserversorgungsquellen zu bezeichnen, deren Wässer trübe sind, makroskopisch wahrnehmbare Lebewesen oder Verunreinigungen enthalten, von auffallendem Geruch oder Geschmack oder auffallender Farbe sind, deren Fassung nicht gegen das Eindringen von verunreinigenden Zuflüssen oder festen Bestandteilen geschützt ist.

Sofort zu beanstanden dürften nur jene Fälle sein, wo die Okularinspektion und die grobsinnliche Prüfung des Wassers selbst Schäden in den angedeuteten Richtungen ergiebt. Aber auch diese Beanstandungen sollen in der Regel nur vorläufige sein, bis seitens der Sachverständigen entschieden ist, ob eine Reparatur oder Sicherung der Anlage ratsam erscheint oder nicht.

Ergiebt sich bei der Besichtigung eines Brunnens, daß das Wasser desselben nach Jauche riecht, so ist die Annahme eines direkten Zusammenhanges mit einer Abortanlage oder Düngerstätte und die Beanstandung schon auf Grund dieser grobsinnlichen Wahrnehmung ohne weiteres gerechtfertigt. Allein so einfach ist die gestellte Frage meistens nicht, sondern es ist zu ermitteln, woher die Verunreinigung des Brunnens stammt, d. h. welche Abortanlage, Düngerstätte speciell beteiligt ist, eine Frage, die bei Civilprozessen sehr oft zu beantworten ist. Zu diesem Behufe versagt die Okularinspektion in der Regel ihren Dienst, hier muß auch die Prüfung seitens des Chemikers und Bakteriologen eintreten.

1) **Nördlinger**, *Ueber eine einf. Methode z. Wahrnehmung v. fäkal. Verunreinigungen des Trinkwassers, Pharm. Centralbl.* 35. *Bd.* 109 (1894).

## II. Beurteilung auf Grund der chemischen Analyse.

(Verfasser: R. Sendtner.)

Wir haben schon eingangs darauf hingewiesen, daß die Vornahme einer chemischen Prüfung der Wässer in der Mehrzahl der Fälle unentbehrlich ist.

Zur einwandsfreien Feststellung eines unterirdischen Zusammenhanges mit Zuflüssen aus den oben (S. 740) erwähnten Ablagerungsstätten von Abfallstoffen aller Art, mit Verwesungsvorgängen, die sich im Innern der Erdrinde unserer Beobachtung durch andere Hilfsmittel entziehen, zur Feststellung größerer Schwankungen der Zusammensetzung, eines Zusammenhanges mit Flußläufen, mit Mineralablagerungen und dergl., endlich zur Konstatierung, ob Reinigungen und Reparaturen schon bestehender Anlagen von Erfolg begleitet waren, ob dieser ein bloß vorübergehender oder ein dauernder gewesen ist, haben wir dieselbe unbedingt nötig.

Die erste Frage, die sich hierbei aufdrängt, ist die: wie können solche Beziehungen durch die chemische Analyse klargelegt werden?

Nur dadurch, daß in jedem Falle erst festgestellt wird: wie ist das **reine** Wasser der in Frage kommenden Oertlichkeit überhaupt beschaffen?

Zu diesem Zwecke muß sich der Analytiker klar sein über die Beziehungen zwischen Wasser und Boden, bez. über die Naturgeschichte des Wassers. (Ueber die Beziehungen des Wassers zu den Mikroorganismen vergl. besonders Loeffler, S. 598 u. ff. dieses Bandes.)

### 1. *Beziehungen von Wasser und Boden zu den Produkten des Stoffwechsels.*

In der ganzen Natur finden wir kein chemisch reines Wasser. Dies hat seinen Grund in dem bekannten Kreislauf des Wassers in der Natur, das auf der Oberfläche der Erde verdunstend, als Regen, Schnee, Tau u. s. w. zurückkehrt, von dort zum Teil gleich wieder verdunstet, zum Teil unmittelbar in die offenen Wasserläufe und Seen, und in das Meer gelangt, zum Teil beladen, mit den aus der Atmosphäre stammenden Verunreinigungen, in den Erdboden eindringt und nach einiger Zeit als Quelle wieder zu Tage tritt oder durch Brunnenanlagen künstlich gehoben wird. Je nach der Beschaffenheit und Menge der Verunreinigungen, welche das einsickernde Meteorwasser bereits enthält und nach den Bestandteilen der durchflossenen Bodenschichten wird daher das Quell- oder Brunnenwasser größere oder geringere Mengen fremder Stoffe gelöst enthalten. Schon Plinius sagte: „tales sunt aquae, quales terrae, per quas fluunt."

Der Sauerstoff des eindringenden Meteorwassers wird nebst dem atmosphärischen Sauerstoff zur Oxydation der organischen und mancher unorganischen Stoffe des Bodens verwendet. Quell- und Brunnenwasser enthalten in der Regel nur wenig Sauerstoff.

Stickstoff findet sich in Quell- und Grundwasser wohl stets, da derselbe nicht vom Boden zurückgehalten wird; ein Teil des Stickstoffes wird den Wässern durch die Fäulnis stickstoffhaltiger organischer Stoffe zugeführt, ein Teil stammt aus den niedersickernden Meteorwässern, endlich kann ein Teil auch durch Auslaugen gewisser Mineralien (Salpeter führende Gesteine) zustande kommen.

Desgleichen verdanken die Quell- und Brunnenwässer ihre Kohlensäure zum Teil der Atmosphäre, zum größten Teil aber den im Boden stattfindenden Fäulnis- und Verwesungsprozessen. Sie unterstützt die Zersetzung der Gesteine und bildet Bikarbonate von Calcium und Magnesium, weniger oft von Eisen, Natrium u. s. w., sodaß gewöhnliche Quellwässer nur einen verhältnismäßig geringen Teil der Kohlensäure in freiem Zustande enthalten. In einigen Gegenden, namentlich mit Urgebirgsboden oder vulkanischen Gesteinen, enthalten die Quellen größere Mengen freier Kohlensäure. Brunnenwässer und Quellen aus Kalk- oder Dolomitboden enthalten fast nie solche, wohl aber bedeutende Mengen von Calcium- und Magnesiumkarbonat, haben somit eine große Härte.

Die weichsten Wässer führen demnach kalkarme Gesteine, wie Gneiß, Glimmer, Phyllit, Granit (Urgebirgsgesteine), ferner Basalt etc. (vulkanische oder Eruptivgesteine); die härtesten kalkreiche Gesteine, wie z. B. die im Muschelkalk vorkommenden.

Während die Härte der ersteren Wässer oft nur einige wenige Grade beträgt, erhebt sie sich bei den letzteren über 20 deutsche Grade.

Hervorragendes Interesse beanspruchen die im Wasser gelösten Zersetzungsprodukte organischer Stoffe pflanzlichen und tierischen Ursprunges (vergl. hierzu S. 526 dieses Bandes).

Die in den reinsten Quellen unserer Gebirge vorhandenen organischen Substanzen enthalten im Verhältnis zum Kohlenstoff wenig Stickstoff, scheinen daher vorwiegend vegetabilischer Natur zu sein.

Nach Senft[1] entstehen bei der Zersetzung von Pflanzensubstanzen stets humussaure Alkalien, vor allem humussaures Ammoniak. Bei der

Zersetzung unter vollem Luftzutritt entstehen die eigentlichen humussauren Salze, unter denen die ulminsauren Salze als die ersten, die humussauren als die höheren Oxydationsprodukte der ulminsauren Salze zu betrachten sind. Beide oxydieren sich zu Karbonaten. Bei der Zersetzung von Pflanzensubstanz unter gehemmtem Luftzutritt dagegen, z. B. in den tieferen Lagen nasser Bodenarten, auf dem Grunde von Mooren u. s. w., entstehen die geïnsauren Verbindungen, zu denen das quell- und torfsaure Ammoniak gehört. Alle diese humus- und geïnsauren Salze wirken auf Mineralien lösend und zersetzend ein, namentlich vermag das quellsaure Ammoniak einzelne Salze unverändert zu lösen und nach der Oxydation zu kohlensaurem Ammoniak auch wieder unverändert abzuscheiden.

Die längst bekannte Thatsache, daß Wässer aus Torf- oder Moorboden in der Regel reich an organischen Substanzen sind und dabei fast stets Ammoniak enthalten, ist somit ganz natürlich zu erklären.

Die an zersetzten Pflanzensubstanzen reicheren Wässer, so z. B. die meisten Tagewässer des Bayrischen Waldes (Urgebirge), besitzen ausnahmslos eine braune Farbe, welche sie schon nach kurzem Laufe annehmen. Dieselbe rührt von den zersetzten Humusstoffen her. Dabei sind diese Flüßchen und Bäche vollkommen klar und bergen die feinsten Fische (Salmoniden).

Die Gegenwart oder Abwesenheit tierischer Zersetzungsprodukte, namentlich der menschlichen Exkremente ist für die Anwendbarkeit eines Wassers weit entscheidender als jene soeben geschilderten.

Die menschlichen Faeces bestehen aus Wasser, Speiseresten, geringe Mengen von Cholesterin, Taurin, Cholsäure, Buttersäure, Milchsäure, enthalten an unorganischen Stoffen phosphorsaure Salze (Calcium, Magnesium, Ammonium) Eisen, Kieselsäure, wenig Alkalien.

Der menschliche Harn besteht aus: Wasser, Harnstoff, Harnsäure, Chlornatrium, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Ammoniak (phosphorsaures Calcium und Magnesium).

Nach Wolf und Lehmann beträgt die Entleerung von 100000 Personen für 1 Jahr in Tonnen (zu 1000 kg):

| | Faeces | darin | | Urin | darin | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Stickstoff | Phosphate | | Stickstoff | Phosphate |
| Männer | 2059,1 | 23,9 | 44,9 | 20 592 | 205,9 | 83,6 |
| Frauen | 567,9 | 12,8 | 13,7 | 17 062 | 135,3 | 69,0 |
| Knaben | 564,5 | 9,35 | 8,3 | 2 925 | 24,6 | 11,1 |
| Mädchen | 125,1 | 2,85 | 1,8 | 2 250 | 18,4 | 8,8 |
| Zusammen | 3316,6 | 48,9 | 68,7 | 48 829 | 348,2 | 172,5 |

Außer den menschlichen Exkrementen werden aber auch sonstige Abfallstoffe unseres Haushaltes, sowie tierische Abfallstoffe dem Boden übergeben. Hier im Boden zerfallen diese bei mittlerer Temperatur und unter dem Einfluß von Mikroorganismen sehr rasch in Zwischenprodukte und bilden bei Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff Kohlensäure, Ammoniak, dann salpetrige Säure und Salpetersäure. Die Phosphate, die Salze der Alkalien, die stickstoffhaltigen organischen Substanzen und das Ammoniak werden vom Boden größtenteils zurückgehalten und, wo der Boden bewachsen ist, den Pflanzenwurzeln zugeführt, die Chloride, Nitrate und Sulfate dagegen von dem Wasser den

Quellen und Brunnen zugeleitet. Diese Umsetzung des Stickstoffes der organischen Substanzen in Ammoniak und die Absorption dieser Verbindungen durch den mit Pflanzen bewachsenen Boden erfolgt rasch und wird wesentlich begünstigt durch die Porosität des Bodens.

In einem nicht mit Pflanzen bestandenen Boden wird bei hinreichendem Luftzutritt der Stickstoff der organischen Substanz und des Ammoniaks in salpetrige Säure und diese rasch in Salpetersäure übergeführt, welche von dem Bodenwasser aufgenommen und den Brunnen und Quellen zugeführt wird. Kann jedoch wegen mangelnden Luftzutritts keine hinreichende Oxydation der organischen Stoffe erfolgen, so werden, wenn die Absorptionsfähigkeit des Bodens erschöpft ist, von dem Wasser auch das Ammoniak und die in Fäulnis begriffenen organischen Stoffe selbst aufgenommen [2]. (Vergl. hierüber auch v. Fodor, Hygiene des Bodens, in diesem Handbuche Bd. I, Abt. 1, S. 118—135.)

Durch die Thätigkeit gewisser Bakterien im Boden kann aber die Salpetersäure auch wieder zersetzt, reduziert werden. Schon früher hat A. Wagner [3] darauf hingewiesen, daß unter Umständen die im Wasser bereits gebildete Salpetersäure wieder in Ammoniak verwandelt werden kann, „aus welchem Grunde auch in Mistjauche und dergl. nur Spuren von Salpeter angetroffen werden“.

Meusel [4] führte zuerst diese Rückbildung auf die Thätigkeit niederster Organismen zurück, und Petri [5] hat nachgewiesen, daß die Cholerabacillen die Salpetersäure zu salpetriger Säure reduzieren.

Wie erwähnt, wird bei Luft- bez. Sauerstoffmangel die Zersetzung der organischen Substanzen wesentlich gehemmt (Eintritt von Fäulnis, Ammoniakbildung), während bei genügendem Luftzutritt Oxydation (Bildung von Salpetersäure) eintritt; wahrscheinlich haben die langsame Zersetzung und Fäulnis der organischen Substanzen im Lehmboden und Torf und die Bildung von Ammoniak ihren Grund darin, daß diese Bodenarten viel Feuchtigkeit binden, infolgedessen meist luftarm und impermeabel sind, wodurch die Oxydation der organischen Substanzen erschwert wird und diese in Fäulnis übergehen. Auch in kompakten, tiefen Bodenschichten wird bei höherer Temperatur der im Boden vorhandene atmosphärische Sauerstoff zur Zersetzung der organischen Substanzen nicht ausreichen. Damit erklärt sich wohl auch das so häufig beobachtete Vorkommen von Ammoniak in Wässern aus Tiefbrunnen.

V. Vödrödi [6] hat im Boden (Thonboden von Debreczin) aus einer Tiefe von ca. 840 m und bei Wässern, die aus einer Tiefe von 40—120 m erschlossen wurden Ammoniak und Salpetersäure, zum Teil salpetrige Säure, qualitativ nachweisen können.

Doch ist hierbei darauf aufmerksam zu machen, daß qualitative Prüfungen auf diese Stoffe alsbald nach den Bohrungen keine zuverlässigen Resultate geben, da durch die Arbeiten, Werkzeuge (Bohrer) und dergl. sehr leicht Verunreinigungen stattfinden können, die zu falschen Schlüssen bezüglich der Beschaffenheit des erschlossenen Wassers führen. Es sei an dieser Stelle auf das S. 515 dieses Bandes Gesagte verwiesen *).

Einen weiteren wesentlichen Bestandteil der Exkremente, bez. des Harns bildet das Chlor, das als Chlornatrium darin vorhanden ist. Nach

*) Mir (S.) ist es nicht gelungen, bei sorgfältigem Vorgehen in den Tiefbrunnen, welche sich einige Brauereien in München in den letzten Jahren anlegen ließen, aus Tiefen von 95 m (in Quarz führendem Glimmer) $NH_3$ oder $N_2O_3$ nachzuweisen.

Vogel enthält 1 l Menschenharn 6,73 g Chlor. Dieses wird, wie schon bemerkt, vom Boden nicht zurückgehalten, sondern sickert mit den eindringenden Schmutzwässern unabsorbiert durch den Boden. Dieser Prozeß verläuft je nach der Porosität des Bodens langsamer oder schneller. So hat Hofmann[7] auf Grund seiner eigenen Versuche und der Regenverhältnisse von Leipzig berechnet, daß Kochsalzlösung im Leipziger Friedhofsboden während eines Jahres um 2,26 m in die Tiefe geschwemmt würde, dagegen in einem anderen Boden, welcher das Wasser besser bindet, bloß um 1,53 m.

Auch Lehmboden ist nicht impermeabel; es wäre daher ein großer Irrtum, anzunehmen, eine in Lehmboden eingelassene Abtrittgrube ließe nichts in einen benachbarten Brunnen gelangen.

Salpetersäure und Chlor geben, da sie vom Boden nicht resorbiert werden, besonders schätzenswerte Anhaltspunkte für die Größe der Verunreinigung eines Wassers.

Bei der relativ großen Unbeständigkeit von Ammoniak und salpetriger Säure wird es — was das Vorkommen des ersteren betrifft, die oben geschilderten Verhältnisse ausgenommen — verhältnismäßig nur selten gelingen, diese Produkte der Zersetzung in größeren Mengen nachzuweisen.

Man wird diese beiden Verbindungen in der Regel nur da finden, wo sich die Quelle der Wasserverunreinigung in nächster Nähe der Wasserbezugsquelle oder des Wasserspiegels befindet, oder wo das Wasser eines Brunnens förmlich im verunreinigten Boden steht. Auch bei Tagewässern wird deren Nachweis nur bis auf relativ kurze Entfernungen von der Verunreinigungsstelle (z. B. Einlässen von Kanalspülungen) möglich sein; selbstverständlich spielen hierbei noch manche Momente mit, wie Gefälle, Wassermenge etc., welche deren Nachweis auf weitere Entfernungen hin zur Unmöglichkeit machen.

Chlor und Salpetersäure können dagegen mit der Strömung (auch des Grundwassers) auf größere Entfernungen hin fortgeführt werden. Damit ist es zu erklären, wenn z. B., wie R. Sendtner[8] dies für München nachgewiesen hat, Brunnen, in deren Umgebung nirgends Ablagerungen von Kulturabfällen wahrnehmbar sind, die auch gegen Eindringen von Oberflächenwasser genügend geschützt sind, die aber in der Richtung des Grundwasserstromes unterhalb der Stadt gelegen sind) ungemein viel Chlor und Salpetersäure führen. Auf eine ähnliche Erklärung dürften die hohen Salpetersäuremengen (bis zu 200 mg im Liter, zurückzuführen sein, welche H. Kurth[9] im Grundwasser der oberhalb der alluvialen Thonschicht endigenden Brunnen im bremischen Staatsgebiet nachgewiesen haben will*).

Ammoniak und salpetrige Säure werden auch dort häufiger im Wasser nachzuweisen sein, wo durch die Schwankungen des Grundwassers frisch verunreinigte Bodenschichten ausgelaugt werden. Auch ist nicht zu vergessen, daß der Boden seine die organischen Schmutzstoffe zurückhaltende Fähigkeit bei übermäßiger Infiltration durch solche Stoffe allmählich einbüßt, und so die Jauche direkt dem Grundwasser zufließen läßt. Ferner können auch Spalten oder künstliche Kommunikations-

*) Da diese Mengen auf kolorimetrischem Wege ermittelt wurden, können sie indes keine Zuverlässigkeit beanspruchen.

wege (z. B. Rattengänge) das direkte Eindringen der Jauche aus Abtrittgruben oder Sielen zustande kommen lassen.

Zu bemerken, daß auch bei direktem Eindringen von Spülwasser, Jauche und dergl. von der Oberfläche her die Möglichkeit für den Nachweis von Ammoniak und salpetriger Säure gegeben ist, dürfte überflüssig sein.

Der bloße Nachweis einer dieser Stickstoffverbindungen allein kann keineswegs immer zu der Annahme eines Zusammenhanges mit Zersetzungsvorgängen animalischer Abfallstoffe berechtigen.

Wasser aus Moorboden z. B. giebt, wie schon erwähnt, in der Regel Reaktionen auf $NH_3$ und enthält gewöhnlich viel organische Substanz (über 3 mg pro Liter) — aber hier ist dann der Abdampfrückstand, der Chlorgehalt, der Gehalt an Salpetersäure gewöhnlich kaum merklich erhöht.

Brunnen, die direkt mit Aborten kommunizieren, geben häufig starke $NH_3$- und $N_2O_3$-Reaktion oder eine dieser Reaktinen, dagegen keine $N_2O_5$, wohl aber stets viel Chlor, ebenso hohen Abdampfrückstand.

Auch die Schwefelsäure im Wasser ist zum Teil auf die Verunreinigungen durch Exkremente und Abfallstoffe des Haushaltes zurückzuführen; teilweise entstammt sie dem natürlichen Gehalt des Bodens an schwefelsauren Salzen (Gips, schwefelsaurem Natron).

Ein größerer Eisengehalt (über dessen Zustandekommen vergl. S. 517 dies. Bandes) ist für das Wasser im Haushalt, insbesondere für die Wäsche, sehr störend. Die Tiefbrunnen der norddeutschen Tiefebene enthalten verhältnismäßig viel Eisen. Hierüber wie auch über die neueren Enteisenungsverfahren vergl. B. Proskauer[10], ferner A. Lübbert[11], besonders aber Oesten in dies. Band S. 456.

Nach den Erfahrungen von G. Tolomei[12] ist die Ursache der auf einer Eisenausscheidung beruhenden Veränderung natürlicher eisenhaltiger Wässer beim Aufbewahren in verschlossenen Flaschen in der Anwesenheit der von Winogradsky entdeckten sog. Eisenbakterien zu suchen, von denen er mehrere Arten in den Absätzen der Flaschen nachweisen konnte. Dieselben brauchen als Nährstoff $FeCO_3$ und oxydieren dieses, wie andere $H_2S$ zu S und $H_2O$ oxydieren.

Das Auftreten von Schwefelwasserstoff ist zum Teil auf Verwesungsvorgänge (auch schwefelhaltige Algen können hierbei in Mitleidenschaft gezogen sein), zum Teil auf mineralische Umsetzungen (Schwefelwässer) zurückzuführen. Derselbe erteilt zwar einem Wasser einen die Genußfähigkeit störenden Geruch und Geschmack, übt aber keine nachteilige Wirkung aus (vergl. S. 772).

Größere Mengen von Phosphorsäure deuten, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, auf Verunreinigungen durch Exkremente hin, können aber auch durch gewisse gewerbliche Abfälle bedingt sein (Weichwässer der Brauereien).

Aus dem soeben Dargelegten dürfte zur Genüge hervorgehen, inwiefern es von Wichtigkeit ist, organische Substanzen bezw. deren Zersetzungsprodukte (Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure), ferner Chlor in einem Wasser nachzuweisen. Diese Bestandteile deuten in der Regel auf Beziehungen zu tierischen Abfallstoffen, überhaupt Abfallstoffen des Haushaltes hin.

Nicht immer: denn geringe Mengen von Ammoniak, salpetriger Säure oder auch Salpetersäure können auch, wie wir gesehen haben, auf Zersetzung pflanzlicher Stoffe zurückzuführen sein oder auf natürlichem Vorkommen in gewissen Mineralien (Salpeter führende Gesteinsschichten) basieren; doch handelt es sich gewöhnlich bezüglich der ersteren beiden nur um Spuren, bezüglich der Salpetersäure um verhältnismäßig geringe Mengen (vergl. unten S. 755 und 756).

Desgleichen ist das Auftreten von Chlor für sich keineswegs immer als Anzeichen einer Infiltration durch Urin und dergl. aufzufassen. Vor allem ist daran zu erinnern, daß in manchen Gegenden Kochsalz oder Steinsalz zur Besserung des Brunnenwassers benützt und in die Brunnen geworfen wird. So nach Gg. Langbein[13] früher in Leipzig und nach R. Sendtner[14] noch heute in manchen Gegenden Bayerns. Ferner sei daran erinnert, daß auch gewisse Mineralablagerungen hierbei beteiligt sein können, und zwar in einem ganz bedeutenden Grade. Die seit 25 Jahren beobachtete Verschlechterung des Elbwassers durch Anwachsen des Chlorgehaltes ist bekanntlich auf die Verunreinigung der Saale durch die Steinsalzbank in der Mansfelder Gewerkschaft, sowie durch die Staßfurter Kaliwerke verursacht worden. Am stärksten machte sich dieselbe im Mittellauf der Elbe bemerkbar. Nach Rubner[15] sind in 1000 ccm enthalten:

| Schöpfstelle | $CaO$ mg | $MgO$ mg | $K_2O$ mg | $Na_2O$ mg | $Cl$ mg | $SO_3$ mg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dresden | 27,3 | 5,7 | 7,4 | 10,0 | 9,2 | 13,8 |
| Barby | 82,6 | 21,3 | 31,9 | 155,5 | 271,7 | 68,7 |
| Magdeburg | 57,2 | 12,4 | 12,6 | 45,4 | 104,3 | 32,7 |
| Havelburg (Havel) | 50,4 | 12,6 | 7,0 | 18,7 | 23,1 | 19,7 |
| „ (Elbe) | 50,9 | 9,5 | 29,8 | 55,1 | 94,0 | 37,5 |
| Hamburg | 43,8 | 9,2 | 5,4 | 30,3 | 52,4 | 25,2 |

Der stärkste Grad der Verunreinigung mit den Abwässern dieser Industrieanlagen wurde in den Jahren 1892 und 1893 beobachtet, wo das Elbewasser bei Magdeburg 1042—3463 mg Rückstand und 462—1714 mg Chlor führte, sodaß das Wasser vollständig gebrauchs- und genußunfähig geworden war. Auch der Unterlauf der Elbe blieb nicht intakt, obwohl hier durch verschiedene Einflüsse und Zuflüsse wieder eine Art Reinigung zu konstatieren war. Immerhin betrug der Chlorgehalt bei Hamburg im Jahre 1893 nach Wiebel noch 120,7 mg.

Wasser von Brunnen, welche im Grundwasser großer Städte stehen und nur oder doch größtenteils von der sog. „Stadtlauge" gespeist werden, müssen die geschilderten Kennzeichen der Verunreinigung natürlich in oft abnorm hohem Grade zeigen. In welchem Maße dies der Fall sein kann, beweisen die zahlreichen Veröffentlichungen von Analysen der Grundwässer von Dorpat, Budapest, Berlin, München, Bremen und anderen Städten.

Um die enorme Zunahme an gelösten Stoffen der geschilderten Art in diesen Brunnenwässern recht würdigen zu können, muß man damit die Beschaffenheit des reinen Grundwassers der betreffenden Oertlichkeiten zusammenhalten. So bietet beispielsweise das reine Grundwasser im Münchener Diluvial- und Alluvialboden, ehe es den bebauten Stadtgrund erreicht, folgende chemische Zusammensetzung:

| | Schwankungen | | | |
|---|---|---|---|---|
| Rückstand | 262,0 | bis | 282,0 | mg in 1 l |
| Chlor | 9,0 | „ | 11,52 | „ „ „ „ |
| Salpetersäure | 8,0 | „ | 16,80 | „ „ „ „ |
| Sauerstoffverbrauch zur Oxydation der organischen Substanzen | 0,6 | „ | 1,20 | „ „ „ , |

wogegen es nach dem Passieren des Stadtgrundes folgende Zusammensetzung besitzt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Rückstand | 827,0 | bis | 2230,0 | mg in 1 l |
| Chlor | 140,0 | „ | 244,0 | „ „ „ „ |
| Salpetersäure | 160,0 | „ | 733,3 | „ „ „ „ |
| Sauerstoffverbrauch zur Oxydation | 2,5 | „ | 4,5 | „ „ „ „ |

Damit gelangen wir überhaupt zur Feststellung des Begriffes „rein“ beim Wasser, das uns als Trink- und Gebrauchswasser zu dienen hat, soweit sich dieser Begriff durch die chemische Analyse definieren läßt.

Litteratur *siehe S.* 766.

## 2. *Einfluss der Bodenformation auf die Zusammensetzung des „reinen“ Wassers.*

Da es in der Natur kein chemisch reines, d. h. nur aus $H_2O$ bestehendes Wasser giebt, kommt es zunächst auf die Menge der accessorischen Bestandteile an. Diese kann aber nur dann als Maßstab für eine Verunreinigung aufgefaßt werden, wenn erst ihr Vorkommen und ihre Menge im reinen, d. h. von allen Kulturabfällen unbeeinflußten Wasser der betreffenden Oertlichkeit ermittelt ist. Damit soll nicht gesagt sein, daß wir bei jedem Brunnen, der gegraben oder gebohrt werden soll, oder bei jeder Fassung eines Quellwassers erst nach einem Normalwasser für jede einzelne Ortschaft suchen müssen. Denn da beim Wasser der Begriff rein im chemischen Sinne in erster Linie von der Struktur bez. der Gesteinsbeschaffenheit des Bodens abhängt, diese aber in vielen Fällen auf weitere Gebiete eine gleichbleibende ist, wird man sich schon ein Bild über die Reinheit des Wassers machen können, wenn man dessen Zusammensetzung mit irgend einem Quellwasser vergleicht, das als Normalwasser für die betreffende Bodenformation bereits durch die chemische Analyse erkannt ist. Doch kann es Fälle geben, wo die Struktur des Bodens in nächster Nähe einer Oertlichkeit derart verschieden und kompliziert ist, daß erst für diesen Ort eingehendere Untersuchungen über die Beziehungen der Geologie zur Hydrologie anzustellen sind, um sagen zu können, welche Anforderungen bezüglich der chemischen Zusammensetzung an das Wasser zu stellen sind.

Die genaue Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Boden- und Tagewässer der verschiedenen Formationen ist daher für den Sachverständigen ein notwendiges Erfordernis, will er auf Grund der chemischen Analyse ein Urteil über den Begriff „rein“, d. h. über die Brauchbarkeit eines Wassers abgeben. In richtiger Erkenntnis der großen Bedeutung dieser Frage hat man auch bei den Quellfassungen für große Wasserversorgungsanlagen (wie Wien, München u. a.) stets neben dem Techniker, dem Chemiker und Hygieniker auch den Geologen mit herangezogen.

Auch der Chemiker und Hygieniker muß sich, will er in Fragen der Wasserversorgung als Sachverständiger fungieren, über diese Beziehungen informieren.

Es ist ja über die chemische Zusammensetzung des reinen Wassers der einzelnen Formationen schon ungemein viel gearbeitet und veröffentlicht worden. So hat sich insbesondere die englische „Rivers Pollution Commission“ [16] angelegen sein lassen, die eingehendsten Recherchen über die Zusammensetzung nicht verunreinigter Quell-, Tiefbrunnen- und Flachbrunnenwässer Großbritanniens anzustellen. Ferner haben E. Reichardt und Ferd. Fischer in ihren bekannten Werken diese Beziehungen ausführlich behandelt. Gleichwohl wurden die Ergebnisse dieser Forschungen zum Teil falsch gedeutet, zum Teil unbeachtet gelassen.

Vielfach wird von einem Unfug mit den sog. Grenzzahlen gesprochen. Dieser Unfug wurde aber nicht von denen angerichtet, die solche für die Wässer bestimmter Formationen und Oertlichkeiten erst ermittelt hatten und somit berechtigt waren, auf Grund ihrer Forschungen diese als Maßstab für die Beurteilung verunreinigter Wässer derselben Formation und Oertlichkeit zu verwenden, sondern von denen, die diese Grenzzahlen Reichardt's und Fischer's ohne eigene Beobachtung und Erfahrung für die Beurteilung des Wassers jeder beliebigen Oertlichkeit verwerteten. „Soll irgend ein bestimmter Anhalt gewonnen werden, so ist einmal die waltende Gebirgsformation zu berücksichtigen, sodann bei Mangel dieses Anhaltspunktes eine größere Anzahl von Wasserproben zu prüfen, um örtlich Gewißheit zu erlangen, welcher Grad der Reinheit des Wassers vorkommt in möglichst freigelegenen Quellen fern den gröberen Verunreinigungen der Oberfläche. Nach dieser erlangten Grundlage ist dann das zu erstrebende Ziel eines möglichst reinen Wassers für den fraglichen Ort zu beurteilen“ (Reichardt).

Allerdings hat man sich früher insofern auf einen irrigen Standpunkt gestellt, als man der Meinung war, daß einzelne Bestandteile gewisse Mengen im Wasser deshalb nicht überschreiten dürften, weil sie schädlich seien. Diesen Standpunkt hat man allmählich verlassen müssen. Genießen wir doch in 1 l Selterswasser oder Selzerwasser 2334 bez. 1277 mg Chlornatrium, 4,7 bez. 5,3 mg kohlensaures Ammonium. Nicht weil ein größerer Gehalt an Chlorverbindungen, Ammoniumverbindungen und dergl. direkt schädlich beim Genusse eines Wassers wirkt, sind wir berechtigt, dasselbe als verdächtig zu bezeichnen oder vom Genusse auszuschließen, sondern deshalb, weil dieselben im Brunnen- und Quellwasser einen Zusammenhang mit Zersetzungsprodukten andeuten und daher möglicherweise die Entstehung oder die Vermehrung schädlicher Organismen und Spaltungsprodukte begünstigen können (vergl. S. 664, 675, 676, 680 etc.).

Doch können wir die Fixierung gewisser Grenzen einzelner Bestandteile insofern nicht entbehren, als wir gewissermaßen „Vergleichszahlen“ für die betreffende Oertlichkeit haben müssen; wo solche unter Berücksichtigung der Formation nicht schon vorliegen, müssen dieselben jedoch erst durch die chemische Analyse ermittelt werden.

E. Reichardt hat zuerst versucht, auf Grund zahlreicher Analysen für die Umgebung von Jena solche Grenzwerte festzustellen. Er fand folgende Mittelzahlen:

| Formation | Härte | 1000 Teile Quellwasser enthielten in Milligramm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Abdampf-rückstd. | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | $N_2O_5$ |
| Granit | 1,27 | 24,4 | 9,7 | 2,5 | 3,3 | 3,9 | 0 |
| Bunter Sandstein | 13,96 | 125—225 | 73,0 | 48 | 4,2 | 8,8 | Spur bis 9,8 |
| Muschelkalk A | 16,95 | 325 | 129,0 | 29 | 3,7 | 13,7 | 0,21 |
| Muschelkalk B (dolomitisch) | 23,1 | 418 | 140,0 | 65 | Spur | Spur bis 34 | 2,3 |
| Gipsquelle b. Rudolstadt | 92,75 | 2365 | 766,0 | 122,5 | 16,1 | 1108,3 | Spur |

Die Gipsquelle besitzt eine Zusammensetzung, welche sie für den Genuß und Gebrauch unbrauchbar erscheinen läßt (vergl. S. 756 und 771).

Bezüglich der noch zulässigen Härte kann nur gesagt werden, daß Wässer mit mehr als 20 Härtegraden für manche Gewerbebetriebe (insbesondere als Dampfkesselspeisewasser) nicht ohne weiteres verwendbar sind *).

Als Grenze für die zulässige Menge an organischer Substanz hat man früher nach v. Pettenkofer angenommen, daß für 1 l Wasser nicht mehr Kaliumpermanganat oder nicht mehr Sauerstoff zur Oxydation verbraucht werden sollte, als 50 mg organischer Substanz entsprächen. Hierbei ging man davon aus, daß 5 Teile organischer Substanz = 1 Teil Kaliumpermanganat seien (die sog. Woodsche Zahl); es galt also ein höherer Verbrauch als 10 mg Kaliumpermanganat bez. 2,5 mg Sauerstoff für 1 l Wasser als Anzeichen einer größeren Verunreinigung mit organischen Substanzen, die nicht mehr zu gestatten sei.

Diese Grenze ist aber keineswegs für die reinen Wässer der verschiedenen Formationen gleichmäßig verwertbar. Schon oben haben wir betont, daß Wässer aus Gneiß oder Granit in der Regel reicher an organischen Substanzen sind, ebenso daß solche aus Moorboden gewöhnlich über 3 mg Sauerstoff erfordern. Andererseits müßte ein aus Kalkboden stammendes Quellwasser schon als verdächtig bezeichnet werden, wenn ein so hoher Sauerstoffverbrauch erreicht wurde.

Auch für die bei reinen, empfehlenswerten Wässern anzunehmenden Grenzzahlen für Albuminoïd-Ammoniak und freies Ammoniak hat man schon versucht Werte aufzustellen. So haben neuerdings die Schweizer Anal. Chemiker[17] für den Fall, daß nicht Vergleichsmaterial (d. i. reines Wasser der gleichen Art und Oertlichkeit) vorliegt, 0,05 mg Albuminoïd-Ammoniak und 0,02 mg freies (durch Destillation bestimmtes) Ammoniak angenommen.

Nach Mansfeld[18] enthält Tiefbrunnenwasser der Wiener Gegend noch nicht 0,01 mg A.-Ammoniak; filtriertes See- oder Flußwasser soll nur 0,05—0,1 mg enthalten; schlechtes Brunnenwasser hat 0,12—0,80 mg und mehr im Liter. Nach diesem Autor wäre bei einem Brunnenwasser mit mehr als 0,08 mg freiem Ammoniak im Liter bei gleichzeitiger Gegenwart größerer Mengen von Chloriden eine

*) Zum Weichmachen des Wassers existiert eine Menge von Mitteln. Das einfachste Mittel besteht im Kochen des Wassers, da hierdurch die Bikarbonate des Calciums und zum Teil des Magnesiums unter Entwickelung von Kohlensäure zersetzt, die einfach kohlensauren Verbindungen gefällt werden. Aufserdem giebt es eine Unzahl von Verfahren, um mittels Chemikalien die Härte zu verringern. Auf dieselben an dieser Stelle einzugehen, verbietet der Raum. Es sei deshalb auf die Werke von F. Fischer (Chem. Technologie des Wassers) und das Handbuch von Gärtner-Tiemann (Neue Aufl. von Walter-Tiemann) verwiesen.

Verunreinigung durch Harn anzunehmen, wogegen nahezu gänzliche Abwesenheit von Chloriden und Gegenwart von viel A.-Ammoniak, wenig freiem Ammoniak in solchem Falle auf pflanzliche Verunreinigungen hinweisen würden.

Aber auch hier sei man stets vorsichtig und suche sich erst über die Verhältnisse bei dem reinen Wasser der betreffenden Formation und Lage zu orientieren, ehe man ein verdammendes Urteil abgiebt.

Wenn im Nachfolgenden versucht wird, auf Grund neuerer Forschungen[19] die Beziehungen zwischen Bodenformation und Wasser nur skizzenhaft zu schildern, so möge man dies damit entschuldigen, daß ein näheres Eindringen auf diese Fragen bei dem engen Raume, welcher für die Beurteilung des Wassers zur Verfügung steht, nicht thunlich erschien.

Beginnen wir mit den ältesten Gesteinsschichten unserer Erdrinde (vergl. hierzu die geognostische Orientierungstafel S. 754).

## A. Wasser der Quellen und Seen.

### I. Gneissformation (Bayrischer Wald).

(Milligramme in 1 l)

| | Abdampfrückstand | Kalk (CaO) | Magnesia (MgO) | Chlor Cl | Schwefelsäure $SO_3$ | Kieselsäure $SiO_2$ | Sauerstoff zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kleine Arberquelle | 24,55 | 1.96 | 0.76 | 2.57 | 2,38 | 1,60 | 4,00 |
| Grofser Arbersee | 28,70 | 2,08 | 1,08 | 2,14 | 2,48 | 4,00 | 7,55 |
| Kleiner Arbersee | 24.00 | 2,00 | 1,35 | 1,54 | 3,12 | 3.75 | 5,05 |
| Quelle bei Bodenmais (Wildauruckquelle) | 24,80 | 1.59 | 1.04 | 2,32 | 1,64 | 5,72 | 0,90 |
| Quelle bei Bodenmais (Bräuhausquelle) | 16,00 | 1,08 | 0,45 | 2,20 | 1.66 | 4.56 | 1,60 |
| Falkensteinerbrunnen | 19.10 | 1.55 | 1,25 | 1,54 | 1.97 | 3,30 | 1,85 |

Hier wiegt die Kieselsäure in der Regel vor, da das Gestein 71—74 Proz. $SiO_2$ enthält.

### II. Glimmerschieferformation (ebenda).

In dieser Formation sind im Bayrischen Wald besonders zwei Gesteinsfacies, der „Hornblendeschiefer“ und der „Glimmerschiefer“, vertreten; daneben als abnorme Glieder Diorite.

Erstere mit 46,7 Proz. $SiO_2$, 18,07 Proz. FeO, 8,02 Proz. $Fe_2O_3$, 14,76 Proz. CaO
Letztere „ 53,59 „ „ 15,62 „ „ 9,44 „ „ 7,16 „ „

(Milligramme in 1 l)

| | Abdampfrückstand | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | $SiO_2$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Seelbrunnen (a. Hohenbogen) | 38,00 | 5,07 | 2,50 | 3.08 | 4,90 | 12,50 | 1.50 |
| Diensthüttenbrunnen | 39.50 | 4.40 | 1,42 | 2,70 | 7,50 | 9,80 | 3,00 |

| Perioden | Formationen und Unterabteilungen | | | | Normale Glieder (in einzelnen Beispielen) | Abnorme Glieder |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tertiär- oder känolithische Periode | | 1) Novär- oder Recent-Formation | | | Alluvium, Schwemmbildungen, Torf, Kalktuff | Thätige Vulkane |
| | | 2) Quartär- oder Diluvial-Formation | | | Hochflutgeröll, erratische Bildung | Basalt, Trachyt, Phonolith, Gabbro |
| | | 3) Tertiär-Formation | Neogen | Pliocän | Gips von Sizilien, Crag, Belvedere-Schotter, Kongerienschichten | |
| | | | | Miocän | Sarmat. Mediterransch., Leithak., obere Molasse | |
| | | | Paläogen | Oligocän | Cyrenenmergel, untere Molasse, Flysch | |
| | | | | Eocän | Nummulitenschicht., Grobkalk, Londonthon | |
| Sekundär oder mesolithische Periode | | 4) Procän- oder cretacische Formation | Pläner | Dänische, Senon-, Turon-, Cenomanstufe | Kreide- und Mergelkalk, Gosauschicht., Hippuritenkalk, oberer Grünsand | Aelterer Trachyt, Augitophyr, Gabbro zum Teil, Olivengestein, Porphyrit. |
| | | | Galt | | Mittl. Grünsand, Riffsandsteine, Schrattenkalk | |
| | | | Neocom | | Unterer Grünsand, Valanginschichten, obere Hils- und Wealdenschichten | |
| | Jurassische Formation | 5) Jura- oder Malm-Formation | Purbeckstufe | | Untere Wealdenschichten, Kalk- und Thonlagen | |
| | | | Tithonstufe | | Kalk, Klippenkalk | |
| | | | Kimmeridgestufe | | Jurakalk und Dolomit | |
| | | | Oxfordstufe | | Jurakalk | |
| | | 6) Dogger | Ornathenschichten | | Mergel | |
| | | | Hauptoolith | | Oolithkalk | |
| | | | Unteroolith | | Oolithkalk, Sandstein, Mergel | |
| | | 7) Lias | | | Mergel, Kalk | |
| | Trias | 8) Keuper | | | Lettenschiefer, Sandstein, Kalk, Dolomit | |
| | | 9) Muschelkalk | | | Kalk, Dolomit, Gips, Steinsalz | |
| | | 10) Buntsandstein. | Röth | | Mergel, Bausandstein | |
| | | | Hauptbuntsandstein | | Roter Sandstein | |
| | | | Unterer Buntsandstein | | Leberschiefer, Sandstein, Geröllagen | |
| Primäre oder paläolithische Periode | | 11) Postkarbon-Formation oder Dyas | Zechstein | | Zechsteinkalk, Kupferschiefer, Rotliegendes, Porphyrkonglomerat, magere Steinkohle | Porphyr, Melaphyr, Diabas, Epidiorit, Paläopikrit. |
| | | | Rotliegendes | | | |
| | | | Ueberkohlenschichten | | | |
| | | 12) Karbon-Formation | | | Kohlenschiefer, Kohlensandstein, Steinkohle | |
| | | 13) Präkarbon- oder Kulm-Formation | | | Dachschiefer, Bergkalk, Grauwacke | |
| | | 14) Devon-Formation | | | Thonschiefer, Knollenkalk, Grauwacke | |
| | | 15) Silur-Formation | | | Thonschiefer, Kalk, Grauwacke | |
| | | 16) Kambrische Formation | | | Thonschiefer, Quarzitschiefer | |
| Primitiv- oder archäolithische Periode | | 17) Phyllit- oder Oberhuron-Formation | | | Phyllit, Quarzitschiefer, Sericitgneifs | Granit, Syenit, Diorit. |
| | | 18) Glimmerschiefer- od. Unterhuron-Formation | | | Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer | |
| | | 19) Gneifs- oder laurentische Formation | | | Gneifs, Lagergranit | |

Entsprechend der Zusammensetzung des Gesteins (kalkreiche Hornblende) ist in dem Wasser dieser beiden Quellen der Kalkgehalt und, damit im Zusammenhange stehend, der Gesamtrückstand nicht unwesentlich erhöht.

Auf die Wässer der Quellen und Seen aus der Phyllit- und Granitformation wollen wir nicht näher eingehen. Es genüge, zu bemerken, daß auch hier sich einzelne charakteristische Unterschiede in der Zusammensetzung entsprechend der Zusammensetzung des Hauptgesteins zu erkennen geben.

Als besonderes Characteristicum sämtlicher Urgebirgsquellen wäre hervorzuheben die sehr geringe Menge an Abdampfrückstand und der verhältnismäßig hohe Kieselsäuregehalt; sodann daß diese Wässer (wenigstens im Bayrischen Walde) verhältnismäßig viel Sauerstoff zur Oxydation der organischen Substanzen verbrauchen (vergl. dazu S. 745).

B. Wasser der Flüsse aus Urgebirge (Bayrischer Wald).

(Milligramme in 1 l)

| | Abdampfrückstand | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | $SiO_2$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kleiner Regen | 30,60 | 3,00 | 1,44 | 2,32 | 2,74 | 8,12 | 4,21 |
| Großer Regen | 32,60 | 3,20 | 1,36 | 3,08 | 2,88 | 6,90 | 4,54 |
| Schwarzer Regen | 32,40 | 3,00 | 1,44 | 3,08 | 2,40 | 8,32 | 4,04 |
| Weißer Regen | 36,60 | 3,82 | 1,60 | 3,09 | 4,89 | 10,18 | 6,80 |
| Regen bei Pulling | 51,00 | 4,70 | 2,30 | 3,08 | 4,18 | 12,34 | 7,60 |
| „ „ Regensburg | 54,00 | 7,50 | 2,70 | 4,63 | 4,07 | 10,20 | 7,41 |

Im Vergleich zu den Quellen zeigen sich hier schon wesentlich erhöhte Abdampfrückstände, dementsprechend mehr Kalk etc. und vor allem höherer Gehalt an organischen Substanzen. Dies ist nicht zu verwundern, da die Flüsse ihr Wasser aus verschiedenen Gebieten (durch seitliche Zuflüsse) erhalten; man wird deshalb nur von dem Gesamtcharakter erwarten können, daß er derselbe sei.

Sieht man genauer zu, so machen sich mit dem Zuströmen der Flüsse gegen die Donau durch bewohnte und kultivierte Gebiete allmählich Unterschiede im Gehalt an gelösten Bestandteilen und vor allem an organischen Substanzen sehr augenfällig bemerkbar.

Es würde viel zu weit führen, hier näher auf die Quellen, Seen und Flüsse aus den folgenden Formationen in der gleichen Weise einzugehen. Nur einige charakteristische Beispiele aus kalkreichen Gesteinsformationen (Trias: oberer Buntsandstein, Muschelkalk; Jura: Dolomit).

Oberer Buntsandstein (Stadt Kronach, Bayern)

(Milligramme in 1 l)

| | Abdampfrückstand | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | Salpetersäure $N_2O_5$ | Sauerstoff zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kirchplatzquelle | 300,59 | 93,5 | 46,6 | 12,1 | 8,79 | 6,24 | Spuren |
| Marktplatzquelle | 220,08 | 66,15 | 21,2 | 7,1 | 4,73 | 28,80 | „ |

Dieselben sind schon durch einen viel höheren Gehalt an Kalk und Magnesia, und damit im Zusammenhang an Abdampfrückstand charakterisiert, der davon herrührt, daß der obere Buntsandstein das aus dem darüber liegenden Muschelkalk kommende Wasser aufnimmt.

Den Gehalt an Salpetersäure, der auch bei den Wässern der nächstfolgenden Glieder der Trias nicht fehlt, erklärt das Vorkommen von Kalisalpeter in Tuffen.

(Milligramme in 1 l)

| | Abdampf-rückstand | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| α) Muschelkalk (Stadt Bayreuth, Bayern). | | | | | | | |
| Rodesberger Leitung | 475,1 | 208,4 | 20,2 | 1,0 | 118,8 | 3,9 | 1,525 |
| Allersdorfer Leitung | 725,2 | 267,6 | 35,7 | 1,5 | 263,0 | 0,9 | 1,875 |
| β) Muschelkalk (Anhydritgruppe). | | | | | | | |
| Würzburger Stadtquelle | 671,3 | 223,7 | 58,2 | 13,2 | 185,8 | 10,9 | |
| Horaquelle bei Würzburg | 402,7 | 114,3 | 71,2 | 14,2 | 37,9 | 5,9 | 0,018 |

Wie man sieht, sind diese Quellen in der Regel ungemein reich an Kalk und Schwefelsäure. Dies hängt mit der chemischen Zusammensetzung der Gesteine des Muschelkalkes zusammen. Das Vorkommen von Gips zeichnet besonders die Wässer dieser Gruppe aus. Die Gesamthärte der Mehrzahl dieser Quellen erhebt sich weit über 20 Grade. Das Wasser des Würzburgerstadtbrunnens wird trotz seiner großen Härte (30,5, nach Röttger sogar bis 35,2 deutsche Grade!) gern und ohne Schaden getrunken.

Was die Wässer aus Dolomit-Gestein betrifft, so bewegen sich die Rückstandsmengen in der Regel zwischen 230 und 330 mg; wegen ihres Reichtums an kohlensauren Verbindungen der Erdalkalien (CaO und MgO) gehören sie ebenfalls zu den harten Wässern.

Schließlich sei noch ein Wasser aus Eruptivgestein, aus den Basaltbergen der Rhön in Bayern, angeführt. Der Basalt des Kreuzberges, dem die Quelle entspringt, enthält vorzugsweise Kieselsäure, Thonerde, Eisen, Kalk und Magnesia. Die Quelle hat folgende Zusammensetzung (Milligramme in 1 l):

| Abdampfrückstand | CaO | MgO | FeO | Cl | $SO_3$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 22,49 | 3,10 | 1,00 | 1,44 | 2,76 | 3,84 | 6,40 |

### 3. *Veränderungen der Flüsse während ihres Laufes.*

Schon oben (S. 755) haben wir darauf hingewiesen, daß die Flüsse während ihres längeren Laufes größeren Veränderungen ausgesetzt sind als die Quellen. Dieselben hängen hauptsächlich von der mineralischen und geologischen Beschaffenheit des von den Flüssen durchströmten Gebietes ab; die Veränderungen werden durch den Zutritt von Nebenflüssen aus anderen Formationen zu den Flußwässern immer größere. Auch hier ein Beispiel für viele.

Verfolgen wir den Lauf der Donau vom Einfluß der Naab an bis zu dem der Ilz. Auf dem linken Ufer nimmt dieselbe unterhalb Regensburg den Regen, sodann unterhalb Passau die Ilz auf; und auf dem rechten Ufer kommen als größere Nebenflüsse auf dieser Strecke die Isar, die Vils und der Inn in Betracht.

Die Zusammensetzung des Wassers dieser Flüsse ist folgende:

(Milligramme in 1 l)

| | Abdampf-rückstand | CaO | MgO | Cl | $SO_3$ | $SiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Donau oberhalb Regensburg** | 258,00 | 84,00 | 25,57 | 5,40 | 12,60 | 8,00 |
| **Regen „ „** | 54,00 | 7,50 | 2,70 | 4,63 | 4,07 | 10,20 |
| **Donau unterhalb „** | 100,00 | 24,80 | 6,60 | 5,45 | 5,66 | 10,62 |
| **Isar bei Deggendorf** | 206,00 | 65,52 | 25,40 | 2,50 | 13,70 | 8,60 |
| **Donau oberhalb Vilshofen** | 255,60 | 71,75 | 29,70 | 4,25 | 11,40 | 5,45 |
| **Vils bei Vilshofen** | 223,00 | 65,60 | 28,10 | 4,30 | 5,90 | 8,00 |
| **Donau oberhalb Passau** | 112,20 | 15,00 | 14,00 | 3,85 | 9,00 | 19,00 |
| **Inn vor der Mündung in die Donau** | 157,70 | 46,25 | 13,30 | 4,50 | 14,25 | 7,60 |
| **Ilz „ „ „ „ „ „** | 43,50 | 4,60 | 1,60 | 3,20 | 2,00 | 10,10 |
| **Donau unterhalb Passau** | 144,00 | 45,00 | 13,30 | 5,80 | 7,50 | 6,00 |

Der Regen entstammt und durchströmt Urgebirge, desgleichen die Ilz. Vom Einfluß des ersteren an, bei Donaustauf, tritt dasselbe hart an das Thal der Donau heran. Anders auf der rechten Seite der Donau, wo diese nur Flüsse aus Kalkboden, die Isar, die Vils und den Inn, aufnimmt.

Verfolgt man die Resultate obiger Analysen, so macht sich bei der Donau unterhalb Regensburg der Einfluß des Regens sofort sehr augenfällig bemerkbar durch beträchtliches Sinken des Kalk-, Magnesia- und Schwefelsäuregehaltes und, damit zusammenhängend, des Abdampfrückstandes überhaupt, wogegen, entsprechend dem höheren Kieselsäuregehalt des Regens, dieser ansteigt. Oberhalb Vilshofen dagegen ist durch die kalkreiche Isar das frühere Verhältnis wieder so ziemlich ausgeglichen. Bei Passau kommt die Donau mit einem wieder etwas verringerten Kalkgehalt an; es hat sich derselbe teils durch Entweichen von Kohlensäure abgeschieden, teils sind aber auch auf der linken Seite zahlreiche kleinere Nebenflüsse aus dem Urgebirge in die Donau geflossen und haben derselben zwar mehr Kieselsäure zugeführt, dagegen infolge ihrer Kalkarmut die Abnahme der Kalkmenge mit verursacht. Die Vils und der Inn, beide zu den kalkreichen Gewässern gehörend, paralysieren anderseits wieder den Einfluß dieser und vor allem der Ilz; daher die letztere unterhalb Passau nicht einen ähnlichen Einfluß auf die Zusammensetzung des Donauwassers ausüben kann, wie der Regen es unterhalb Regensburg thut. Dabei darf nicht übersehen werden, daß mit der chemischen Zusammensetzung der gelösten Stoffe jeweils auch ihre Menge in Betracht kommt, d. h. es muß sowohl die Wassermenge wie auch die chemische Zusammensetzung mitwirken.

4. *Einflüsse der Jahreszeiten, der atmosphärischen Niederschläge.*

Zur Feststellung der Reinheit eines Wassers bezüglich seiner chemischen Beschaffenheit genügt indes keineswegs eine einmalige Analyse.

Wie schon aus den eben geschilderten Beziehungen zwischen Boden und Wasser hervorgeht, unterliegt auch das reinste Wasser Schwankungen in seinem Gehalt an gelösten Stoffen überhaupt. Es ist einleuchtend, daß, je reiner ein Wasser im chemischen Sinne ist, d. h. je reineren, von Kulturabfällen freieren Boden dasselbe durchdringt, es auch

Flaschen füllten sie mit Wasser aus der gleichen Leitung, warfen die mit den Bakterien getränkten Seidenfäden hinein und hielten sie wohl bedeckt unter dem Strahle der Leitung, um ihre Temperatur konstant zu erhalten. Mit den Tag für Tag aus diesen Flaschen entnommenen Proben verfuhren sie in derselben Weise wie mit den im strömenden Wasser gehaltenen. Durch eine genaue bakteriologische Untersuchung überzeugten sie sich, daß die in dem Wasser enthaltenen Organismen keine Analogien darboten mit den studierten pathogenen Keimen.

Der Uebersichtlichkeit wegen nehmen wir das Ergebnis dieser Versuche vorweg. Es ist enthalten in nachstehender Tabelle:

| | fliefsendes Wasser | | stagnierendes Wasser | |
|---|---|---|---|---|
| | längste Lebensdauer in Tagen | | | |
| | Entwickelung | pathogenes Vermögen | Entwickelung | pathogenes Vermögen |
| Detritus milzbrandiger Organe | 6 | 6 | 3 | 3 |
| Fäden mit Milzbrandbacillen | 3 | 3 | 4 | 4 |
| „ „ „ sporen | 120*) | 120 | 120 | 120 |
| „ „ Typhusbacillen | 4 | — | 13 | — |
| „ „ Rotzbacillen | 6 | — | 12 | 12 |
| „ „ Hühnercholerabacillen | 7 | 6 | 10 | 10 |
| „ „ Staphylococcus pyogenes aureus | 8 | 7 | 12 | 12 |
| „ „ Streptococcus pyogenes | 5 | 5 | 8 | 7 |

*) Länger dauerte der Versuch nicht.

Es hielten sich mithin die pathogenen Organismen länger im stagnierden als im fließenden Wasser, auch behielten sie bis zu ihrem Verschwinden ihre pathogenen Eigenschaften. Im fließenden Wasser, meinen di Mattei und Stagnitta, erfuhren sie vielleicht mechanische Insulte, welche ihr schnelleres Zugrundegehen veranlaßt haben könnten.

Wir wollen nunmehr die Ergebnisse, welche das Studium des Verhaltens der pathogenen Organismen in den Wässern zu Tage gefördert hat, näher erörtern.

### 1. Cholerabakterien.

Die Zahl der Untersuchungen über das Verhalten der Cholerabakterien im Wasser ist eine außerordentlich große.

In sterilisiertem destilliertem Wasser gehen sie, wie fast alle Beobachter übereinstimmend bekunden, innerhalb der ersten 24 Stunden zu Grunde, wofern reines Bakterienmaterial den Wasserproben zugesetzt wird. Außerordentlich geringe Mengen von Bouillon, gleichzeitig mit übertragen, sind imstande, ihre Lebensdauer ganz wesentlich, auf 7—14 Tage zu erhöhen. Gleichzeitiger Zusatz von Salz verlängerte sie bis auf 40 Tage (Maschek[9]).

In sterilisierten Brunnenwässern dagegen wurden die

Cholerabakterien sehr viel länger lebend gefunden. Die Angaben schwanken zwischen 2 Tagen und mehr als 7 Monaten (A. Pfeiffer[16]). Geringe Bouillonzusätze wirkten noch mehr begünstigend wie in destilliertem Wasser auf ihre Erhaltung, sodaß sie noch nach 382 und 392 Tagen lebend gefunden wurden (Hochstetter[6]).

Wolffhügel[1] und Riedel fanden übereinstimmend mit Frankland[4], daß die eingebrachten Keime sich anfänglich verminderten, dann aber deutlich vermehrten, um schließlich wieder langsam abzunehmen.

In sterilen Schmutzwässern wuchsen die Cholerabakterien kräftig, auch erhielten sie sich lange darin am Leben; sie konnten noch nach Wochen und Monaten (von Frankland z. B. nach 11 Monaten, von Riedel[17] sogar nach mehr als Jahresfrist) in solchen nachgewiesen werden.

Weniger sicher sind die freilich viel wichtigeren Angaben über das Verhalten der Cholerabakterien in nicht-sterilisierten Wässern. Da erst seit dem Jahre 1892 die sichere Peptonwasser-Methode zum Nachweis vereinzelter Cholerakeime inmitten von unzählbaren saprophytischen zur Anwendung gekommen ist, so können die älteren mit der Plattenmethode gewonnen Ergebnisse nicht als gleichwertig mit der neueren mittels der Peptonwassermethode erzielten angesehen werden.

Ueber das Verhalten der Cholerabakterien in natürlichen, niedrig temperierten Quell- und Brunnenwässern liegen eine Reihe von Angaben vor.

Großes Interesse erregten seiner Zeit die Untersuchungen von Kraus[7], welcher das Verhalten der Typhus-, Cholera- und Milzbrandbacillen in einem reinen Quellwasser, der Münchener Mangfallleitung, und in zwei Brunnenwässern bei der diesen Wässern eigenen Temperatur von 10,5° C. prüfte. In allen drei Wässern waren nach 24 Stunden schon die Cholerabakterien verschwunden, während die Wasserbakterien sich zu vermehren begannen.

| | Tag der Probeentnahme | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2. | 4. | 8. | 135 |
| **Mangfall** | 10 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **Brunnen I** | 8 700 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ,, **II** | 9 420 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | **Wasserbakterien** | | | | |
| **Mangfall** | 30 | 400 | 70 000 | 140 000 | 2040 |
| **Brunnen I** | 80 | 900 | 80 000 | ∞ | 8100 |
| ,, **II** | 250 | 2000 | 100 000 | ∞ | 4100 |

Drei von Gärtner[11] mit Quellwasser angestellte Versuche lieferten bei 11,5° C. dasselbe Resultat.

Karlinski[8], welcher das Verhalten der Choleravibrionen in 4 keimarmen Leitungswassern und in einem Brunnenwasser zu Innsbruck bei deren natürlicher Temperatur von 8° C. prüfte, konnte dieselben in 2 Versuchen am 3. und in einem Versuche am 4. Tage nicht mehr nachweisen.

Bobrow[19], welcher in einen Brunnen mit einer Temperatur von $^1/_2$—2° C. Cholerabakterien einbrachte, sodaß 21 000 bez. 13 900 Keime pro ccm Wasser vorhanden waren, fand, daß sie sehr schnell abstarben, daß sie nach 10 bez. 15 Stunden auf 1900 bez. 450 reduziert und nach 34 bez. 39 Stunden überhaupt verschwunden waren.

(Milligramme in 1 l)

| Ort | Art des Wassers | Geologische Beschaffenheit des Quellengebietes | Abdampfrückstand bei 110° | Kalk CaO | Chlor | Schwefelsäure | Salpetersäure | Salpetrigsäure | Ammoniak | Verbrauch von Kaliumpermanganat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aachen | Grundwasser | Kohlenkalk | 304 | 102 | 10,7 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0,3 |
| Altona | Flufswasser (filtriert) | (Elbe) | 324 | 76 | 65,7 | 56 | 0 | 0 | Spu | 14,6 |
| Apolda | Quellwasser | Muschelkalk | 512 | 122 | 17,7 | 11 | 6 | 0 | 0 | 2,1 |
| Augsburg | Grundwasser | Sandiger Kies, Lechthal | 256 | 109 | Spur | gering | 3 | 0 | 0 | 2,7 |
| Bamberg | do. | Mainthal, Regnitzgebiet. Alluvial aus dem Keupersandstein | 297 | 82 | 12,4 | 35 | 5 | 0 | 0 | 3,2 |
| Barmen | do. | Ruhrthal | 127 | 38 | 17,7 | 23 | 2 | 0 | Spur | 2,2 |
| Berlin: | | | | | | | | | | |
| Stralauer Thor | Flufswasser (filtriert) | (Spree) | 140 | 51 | 17,7 | 14 | 0 | 0 | Spur | 27,7 |
| Station III | Seewasser | (Tegeler See) | 196 | 68 | 16 | gering | 0 | 0 | 0 | 17,7 |
| Bochum | Grundwasser | Ruhrthal | 265 | 33 | 17,7 | 24 | 2 | 0 | Spur | 5,6 |
| Bonn | do. | Diluvium des Rheinthales | 445 | 124 | 53,2 | 41 | 6 | 0 | 0 | 2,9 |
| Braunschweig | Flufswasser (filtriert) | (Oker) | 314 | 94 | 44,4 | 59 | 2 | 0 | 0 | 8,6 |
| Bremen | do. | (Weser) | 362 | 82 | 46,1 | 64 | 0 | 0 | 0 | 8,8 |
| Bremerhaven | Grundwasser | Geestrücken | 264 | 89 | 31,9 | Spur | 4 | 0 | Spur | 8,6 |
| Breslau | Flufswasser (filtriert) | (Oder) | 112 | 29 | 10,6 | 17 | 0 | 0 | Spur | 12,6 |
| Cannstadt | Quellwasser | Neckarthal, Kies | 544 | 179 | 31,9 | 97 | 3 | 0 | 0 | 1,9 |
| Charlottenburg: | | | | | | | | | | |
| Teufelsee | Grundwasser | Die Brunnen sind von Sand- und Thonschichten überlagert | 224 | 86 | 33,7 | Spur | 0 | 0 | Spur | 8,0 |
| Wannsee | do. | | 183 | 65 | 10,6 | — | 0 | 0 | 0 | 5,1 |
| Chemnitz | Gemischte Quell-, Grund- und natürlich filtriertes Flufswasser | Thonschiefer | 92 | 14 | 17,7 | — | 6 | 0 | 0 | 5,1 |
| Coblenz | Grundwasser | Rheinkies | 236 | 82 | 12,4 | 29 | 0 | 0 | Spur | 2,9 |
| Colmar i./E. | Flufswasser | Logelbach, Granit, Vogesen | 46 | 10 | Spur | Spur | 0 | 0 | — | 5,5 |
| Neue Leitung | Grundwasser | Rheinebene mit Wasserzuflufs aus Vogesen und Jura | 218 | 82 | 8,9 | — | 2 | 0 | 0 | 1 7 |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Danzig: | | | | | | | | | | |
| Stadtleitung | Quellwasser | Bei Prangenau Alluvial und | 334 | 123 | 8,9 | 34 | 0 | 0 | 0 | 6,7 |
| Vorstadtleitung | do. | Diluvial bei Pelonken | 458 | 159 | 10,6 | 99 | 3 | 0 | Spur | 5,3 |
| Darmstadt | Grundwasser | Rheinthal | 211 | 82 | 8,9 | Spur | 0 | 0 | 0 | 1,2 |
| Dresden | do. | Elbethal, Kies mit Granituntergrund | 134 | 27 | 8,9 | — | 0 | 0 | 0 | 6,7 |
| Düsseldorf | do. | Rheinthal | 234 | 78 | 16 | 33 | 3 | 0 | 0 | 0,4 |
| Duisburg | do. | Kies- und Sandbänke aus Ruhr- und Rheinkies | 158 | 44 | 53,2 | Spur | 3 | 0 | 0 | 1,1 |
| Eisenach | Quellwasser | — | 376 | 124 | 10,6 | 109 | 0 | 0 | 0 | 2,9 |
| Elberfeld | Grundwasser | Rheinthal | 218 | 74 | 16 | 77 | 0 | 0 | 0 | 0,8 |
| Essen | — | — | 174 | 46 | 21,3 | 30 | 2 | 0 | 0 | 1,4 |
| Frankfurt a./M. | Quell- und Grundwasser gemischt | Quellwasser, Basalt und Sandstein; Grundwasser, Kies und Sand, Mainthal | 68 | 5 | Spur | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,8 |
| Frankfurt a./O. | | | | | | | | | | |
| Grundwasser | Grundwasser | Diluvialsand | 297 | 88 | 15,9 | 35 | 0 | Spur | Spur | 11,8 |
| Oderwasser | Flufswasser (filtriert) | (Oder) | 157 | 36 | 8,9 | 14 | 0 | 0 | — | 27,3 |
| Freiburg i./B. | Grundwasser | Diluvium der Dreisam | 68 | 6 | Spur | 9 | 0 | 0 | 0 | 1,1 |
| Fürth | do. | Keuper | 226 | 54 | 12,4 | 15 | 13 | 0 | 0 | 1,2 |
| Giefsen | Quellwasser | Basalt und Sand | 240 | 44 | 12,4 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 |
| Göttingen | do. | Muschelkalk | 829 | 229 | 14,2 | 282 | 6 | 0 | 0 | 1,6 |
| Greiz | do. | Thonschiefergebirge | 126 | 40 | 10,6 | Spur | 10 | 0 | 0 | 2,4 |
| Halberstadt | Grundwasser | Thal der Tintelene | 395 | 127 | 24,8 | 73 | 13 | 0 | 0 | 2,9 |
| Halle | do. | Thon und Kies im Saale- und Elsterthal | 612 | 152 | 61,4 | 152 | 2 | 0 | Spur | 4,5 |
| Hannover | Grundwasser | Kiesbett des Leinethales | 570 | 198 | 76,3 | 113 | 2 | 0 | 0 | 1,7 |
| Heidelberg | Quellwasser | Buntsandsein | 46 | 6 | Spur | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,5 |
| Heilbronn | do. | Muschelkalk | 370 | 127 | 8,8 | 13 | 17 | 0 | 0 | 1,6 |
| Homburg | do. | Quarzit, Thonschiefer | 52 | 14 | Spur | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,5 |
| Iserlohn | do. | Lenneschiefer und Kalk | 100 | 33 | 8,8 | 0 | 0 | Spur | 0 | 0,9 |
| Karlsruhe | Grundwasser | Rheinthal | 361 | 93 | 14,2 | 23 | 0 | 0 | 0 | 4,7 |
| Kiel | do. | Kiesschichten im Korallensande | 362 | 120 | 24,8 | Spur | 0 | 0 | 0 | 6,9 |
| Königsberg | Teichwasser | — | 128 | 50 | 7,1 | Spur | 0 | 0 | Spur | 24,2 |
| Leipzig | Grund-, Mischwasser | Mulde- und Pleifsethal | 155 | 42 | 12,4 | 25 | 3 | 0 | 0 | 2,4 |
| Magdeburg | Filtriertes Flufswasser | (Elbe) | 294 | 48 | 5,9 | Spur | Spur | 0 | Spur | 16,0 |
| Mainz | Grundwasser | Tertiärgebirge des Mainzer Beckens, Corbiculaschicht | 422 | 112 | 17,7 | 38 | 9 | 0 | 0 | 1,5 |

(Milligramme in 1 l)

| Ort | Art des Wassers | Geologische Beschaffenheit des Quellengebietes | Abdampf-rückstand bei 110° | Kalk CaO | Chlor | Schwefel-säure | Salpeter-säure | Salpetrig-säure | Am-moniak | Verbrauch von Ka-liumper-manganat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mannheim | Grundwasser | Kies des Rheinthales | 230 | 82 | 8,8 | 24 | 0 | 0 | 0 | 3,0 |
| München | Quellwasser | Quartärgebirge auf Süſswassermolasse | 278 | 117 | 5,2 | Spur | 0 | 0 | 0 | 2,5 |
| Neiſse | Grundwasser | — | 192 | 33 | 7,1 | 23 | 0 | 0 | 0 | 4,7 |
| Nürnberg | Quellwasser | Keupersand an Ausläufer des Jura anlehnend | 140 | 54 | Spur | 8 | 2 | 0 | 0 | 1,5 |
| Oberhausen | Fluſswasser mit natürl. Filtration | Ruhr | 330 | 67 | 67,5 | 84 | 5 | 0 | Spur | 4,1 |
| Offenbach | Quellwasser | — | 112 | 18 | 8,9 | 9 | 5 | 0 | 0 | 6,8 |
| Offenburg | Grundwasser | Rheinthal | 220 | 65 | 21,3 | 9 | 12 | 0 | 0 | 1,0 |
| Plauen: | | | | | | | | | | |
| Meſsbach-L. | Quell und | I. Devon mit alluvial. Kiesschichten | 172 | 42 | 5,3 | Spur | 0 | 0 | Spur | 4,6 |
| Syrau-L. | Grundwasser | II. Kulmschiefer u. Sandstein | 92 | 19 | 8,9 | 0 | 0 | 0 | Spur | 9,0 |
| Plötzensee | do. | — | 300 | 87 | 21,3 | 27 | 8 | Spur | 0 | 22,5 |
| Posen | Fluſswasser (filtriert) | (Warthe) | 190 | 67 | 7,1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 28,5 |
| Quedlinburg | Grundwasser | Kiesablagerungen der Bode | 328 | 97 | 14,2 | 62 | 1 | 0 | 0 | 1,2 |
| Ratibor | Fluſswasser (filtriert) | (Oder) | 140 | 37 | 14,2 | 14 | 0 | 0 | Spur | 21,9 |
| Regensburg | Quellwasser | Jurakalk | 242 | 101 | 8,9 | 4 | 3 | 0 | Spur | 5,1 |
| Remscheid | Grundwasser | Lennesschiefer, Oberdevon, Thonschiefer, Grauwacke, Sandstein. | 42 | 8 | 5,3 | Spur | 0 | 0 | 0 | 4,3 |
| Rudolstadt | do. | Kiesgeröll des Saalethales auf Sandstein | 168 | 52 | 7,1 | 31 | 0 | 0 | 0 | 4,3 |
| Siegburg | do. | Kiesschichten des Siegthales | 80 | 10 | 8,9 | Spur | 0 | 0 | 0 | 2,1 |
| Stade | do. | Kiesschichten | 192 | 59 | 19,5 | 58 | 0 | 0 | Spur | 2,7 |
| Steele | Fluſswasser (filtriert) | (Ruhr) | 182 | 44 | 28,4 | 46 | 0 | 0 | 0 | 2,9 |
| Stettin | do. | (Oder) | 218 | 52 | 17,6 | 24 | 0 | 0 | Spur | 21,2 |
| Stuttgart: | | | | | | | | | | |
| Trinkwasser | Quellwasser | Keuper und Jura | 426 | 155 | 10,7 | 34 | 15 | 0 | 0 | 1,6 |
| Neckarwasser | Fluſswasser (filtriert) | (Neckar) | 314 | 124 | 8,9 | 44 | 5 | Spur | 0 | 5,7 |
| Seewasser | Sammelteiche | Keuper und Jura | 154 | 49 | Spur | Spur | 0 | 0 | 0 | 12,1 |
| Wiesbaden | Quellwasser | Vor-Devon | 82 | 33 | 7,1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1,6 |
| Witten | Grundwasser | Ruhrthal | 142 | 33 | 19,5 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0,9 |
| Würzburg: | | | | | | | | | | |
| Zell | Quellwasser | Zellendolomit u. Anhydrit | 920 | 317 | 10,6 | 331 | 9 | 0 | 0 | 1,1 |
| Stadt | do. | do. do. | 782 | 227 | 16,0 | 211 | 10 | 0 | 0 | [illegible] |

gewähren, mögen die folgenden Untersuchungen Bunte's[21] über die chemische Beschaffenheit des Leitungswassers von 76 deutschen Städten hier Aufnahme finden (s. die Tabellen S. 760—762).

Fassen wir schließlich die Anforderungen zusammen, welche nach der physikalischen und chemischen Untersuchung an ein brauchbares Trinkwasser zu stellen sind, so werden dieselben in folgendem zu bestehen haben:

I. Das Wasser sei vollkommen klar und frei von makroskopisch wahrnehmbaren suspendierten Bestandteilen irgend welcher Art und halte sich in diesem Zustande auch bei längerem Stehen in bedeckten Gefäßen.

II. Das Wasser sei geruchlos und farblos, oder wenigstens nahezu farblos, zum Genuß und Gebrauch anregend.

III. Das Wasser besitze erfrischenden, angenehmen Geschmack und kühle Temperatur (8—12° C).

IV. Das Wasser schon bestehender Anlagen darf in seiner chemischen Zusammensetzung nur wenig von dem für die betreffende Oertlichkeit als rein erkannten Wasser abweichen. Das für Neuanlagen bestimmte gar nicht.

V. Die Temperatur und chemische Zusammensetzung des Wassers soll in den verschiedenen Jahreszeiten nur in engen Grenzen schwanken.

VI. Das Wasser sei frei von Stoffen mit ausgesprochen giftiger Wirkung.

## Anhang I.

Nachdem wir so versucht haben, die Wichtigkeit der Ermittelung der Beziehungen zwischen Wasser, Boden, Bodenformation und Witterungsverhältnissen klar zu legen, so erübrigt uns noch, an der Hand von Beispielen verschiedene Formen und Fälle von Wasserverunreinigungen bei Brunnen und Quellleitungen praktisch zu veranschaulichen. Auch hier sollen nur einige Beispiele aus der Praxis angeführt werden; es soll damit nur ein Weg zur Beurteilung gezeigt, aber keine bindende Norm geschaffen werden.

1. Beispiel: Die Prüfung mehrerer Brunnenwässer in einem Dorfe hat folgendes ergeben:

| Physikalische Prüfung | Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation | Bodenbeschaffenheit: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (Milligramme in 1 l) | | | | | | |
| klar, farblos | 108,0 | 4,9 | 0 | 0 | 0 | 0,528 | Gneifs mit Ueberlagerung v. Alluvial-Kies |
| „ „ | 111,0 | 4,9 | 0 | 0 | 0 | 0,528 | |
| „ „ | 106,0 | 11,2 | 0 | 0 | 0 | 0,680 | |
| „ „ | 126,0 | 4,9 | 0 | 0 | 0 | 0,891 | |
| „ gelblich | 995,0 | 126,7 | 0 | Spuren | 143,8 | 2,568 | |

Aus dem Vergleiche der chemischen Zusammensetzung der ersten 4 Brunnenwässer mit jener des letzten ist ohne weiteres ersichtlich, das das letzte durch die Abfallstoffe des Haushaltes und deren Zersetzungsprodukte sehr stark verunreinigt ist.

Dieses letzte Wasser war daher zu beanstanden und es wurde zunächst die Sperre des Brunnens veranlaßt. Mittlerweile wurden an Ort und Stelle Erhebungen gepflogen über die örtliche Lage zu benachbarten Abortgruben und die Strömungsrichtung des Grund-

wassers. Dieselben führten zu einem befriedigenden Ergebnisse — bei der verdächtigsten Grube wurde überdies noch ein Versuch mit Saprol (vergl. S. 742) gemacht, welcher die Beteiligung derselben dadurch erwies, daß das Wasser des beanstandeten Brunnens nach einigen Tagen schon deutlichen Geschmack nach Saprol besaß —, insofern als eine bestimmte Anlage sich als Quelle der Verunreinigung erwies; dieselbe wurde durch Reinigen, Cementieren u. s. w. gesäubert und gedichtet. Sodann wurde später nach Ablauf eines halben Jahres wieder eine Probe des fraglichen Brunnenwassers chemisch untersucht und nunmehr den übrigen Brunnen entsprechend befunden. In der Folge mehrmals wiederholte Analysen ließen den Erfolg dieser Maßregel erkennen und der Brunnen konnte wieder dem Gebrauch überlassen bleiben.

2. Als Beispiele der Zusammensetzung von Wasserproben aus Kesselbrunnen, die direkten Zusammenhang mit Abortgruben in nächster Nähe hatten, mögen die folgenden dienen:

(Milligramme in 1 l)

| Physikalische Prüfung | Rückstand | Cl | $NH_8$ | $N_2O_5$ | $N_2O_5$ | O zur Oxyd. | Bodenbeschaffenheit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| klar, gelblich | 756,0 | 73,72 | starke Reakt. | starke Reakt. | 87,00 | 4,64 | Gneifs |
| „ gelb | 1828,0 | 213,40 | „ | „ | 325,0 | 13,13 | Alluvial-Kies |
| „ „ | 1690,0 | 131,90 | „ | „ | 242,0 | 15,54 | „ |

3. Beispiel eines direkten Zusammenhanges mit einer Pissoir-Anlage:

(Milligramme in 1 l)

| Physikal. Prüfung | Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxyd. | Bodenbeschaffenheit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| klar, schwach gelblich | 436,0 | 164,82 | Spuren | 0 | 32,35 | 1,45 | Gneifs |
| klar, kaum gefärbt | 1288,0 | 654,00 | starke Reakt. | 0 | Spuren | 1,80 | Alluvial-Kies |

In diesen Fällen überwiegt der Chlorgehalt.

4. Beispiel: Wasser aus Moorboden.

(Milligramme in 1 l)

| Physikalische Prüfung | Rückstand | Cl | $NH_8$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation | Bodenbeschaffenheit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stark gelb | 326,0 | 6,8 | deutl. Reakt. | 0 | Spuren | 5,2 | Torfboden im Alluvium |

Ein solches Wasser ist keineswegs schon deshalb zu beanstanden, weil es $NH_3$ und viel organische Substanz enthält. Bakteriologische Prüfung erforderlich.

5. Beispiel einer oberflächlichen Verunreinigung durch Stallmist.

Am 11. November 1880 gab die chemische Analyse:

(Milligramme in 1 l)

| Geruch und Geschmack | Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxyd. | Die unmittelbare Umgebung des Brunnens (Alluvial-Kies) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ekelhaft | 620,0 | 35,2 | viel | viel | 104,9 | 12,50 | mit Stalldünger bedeckt. |

Die mikroskopische Prüfung ergab üppige Entwickelung von Mikroorganismen.

Dieser Brunnen wurde nun geschlossen und nach Beseitigung genannter Uebelstände am 13. Dezember desselben Jahres wieder untersucht.

| Geruch und Geschmack | Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| normal | 356,0 | 8,6 | Spuren | 0 | 27,6 | 1,80 |

Dasselbe Wasser am 27. Januar 1881:

| Geruch und Geschmack | Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|---|
| normal | 340,0 | 6,2 | 0 | 0 | 17,9 | 0,65 |

Diese Besserung hielt bis zu Anfang des Jahres 1883 an, zu welcher Zeit wieder Beschwerden von Seite der Besitzer benachbarter Anwesen einliefen.

Die Besichtigung an Ort und Stelle ergab grobe Vernachlässigung aller Reinlichkeitsmaßregeln im Hofraume, woselbst der Brunnen lag; die Anhäufung von Stalldünger in der Umgebung desselben hatte wieder eine auffällige und zwar noch viel bedeutendere Verunreinigung als im Beginne des Jahres 1880 verursacht. Die Farbe des Wassers war tiefgelb wie die von Harn oder Wein.

| Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|
| 1966,0 | 214 | 68,0 | 0 | 324,0 | 45,8 |

Man war nun sofort bestrebt, durch Schließung des Brunnens möglichst rasche Durchführung der nötigen Reinigungsmaßregeln zu erzielen.

Auch jetzt trat der Erfolg alsbald und in ebenso eklatanter Weise ein. Bei der am 5. Februar 1883 vorgenommenen Untersuchung des Wassers war dasselbe farblos und klar und hatte im Liter:

| Rückstand | Cl | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation |
|---|---|---|---|---|---|
| 392,0 | 13,0 | 0 | 0 | 37,2 | 2,45 |

In einem solchen Falle wäre es mit der Beseitigung der Uebelstände keineswegs gethan, da es darauf ankommt, die Frage beantworten zu können, ob und wann der Brunnen wieder der Benutzung übergeben werden kann, wofür selbst die eingehendste Okularinspektion nicht ausreicht; hier kann nur eine Kontrolle durch die chemische und bakteriologische Prüfung entscheiden.

6. Beispiel: Für die Wasserversorgung einer kleinen Stadt mit 7000 Einwohnern ist die Fassung einer Quelle in Aussicht genommen, welche aus Kalkboden entspringt und folgende chemische Zusammensetzung hat:

(Milligramme in 1 l.)

| Rückstand | Chlor | CaO | MgO | $NH_3$ | $N_2O_3$ | $N_2O_5$ | O zur Oxydation | Härte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 280,00 | 4,75 | 110,0 | 32,0 | 0 | 0 | 0 | 0,250 | 15,0 |

und hierbei vollkommen klar, farb- und geruchlos ist. Auch die bakteriologische Prüfung hat ein sehr günstiges Resultat ergeben.

Demnach kann die Quelle sowohl nach dem Ergebnis der chemischen wie bakteriologischen Prüfung nur empfohlen werden.

Allein die Prüfung der Wassermenge ergab, daß die Quelle die für die Einwohnerzahl der Stadt und für die berechnete Bevölkerungszunahme in einem Zeitabschnitt von 10 Jahren nötige Ergiebigkeit nicht besitzt, daher dieses Projekt aufzugeben ist.

1) **Senft**, *Ueber den Einfluſs der Torfbrühe auf die Lösung und Zersetzung von Mineralien*, *Tagebl der* 49. *Vers. deutsch. Naturforscher*, *Beil S.* 89 *u.* 94 *und Dingl. polyt. Journ.* (1877) 223. *Bd.* 648.
2) **F. Fischer**, *Die chemische Technologie des Wassers* (1880) 88—117. *S. auch desselben Verf.: Das Wasser, Berlin* 1891.
3) **A. Wagner**, *Zeitschr. f. Biol.* (1871) 7. *Bd.* 322.
4) **Meusel**, *De la putréfaction produite par les bactéries*, *Compt. rend. T.* 81, 533.
5) **Petri**, *C. f. B.* (1889) 5. *Bd.* 561.
6) **V. Vedrödi**, *Beitrag zur Beurteilung unserer Trinkwässer*, *Chem. Ztg.* (1894) 18. *Bd.* 585.
7) **Fr. Hofmann**, *Arch. f. Hyg.* 2. *Bd.* 145 (1884).
8) **R. Sendtner**, *Das Grundwasser Münchens*, *München* 1894.
9) **H. Kurth**, *Ueber die gesundheitliche Beurteilung der Brunnenwässer etc.*, *Zeitschr. f. Hyg.* (1895) 19. *Bd.* 1.
10) **B. Proskauer**, *Beiträge zur Kenntnis der Beschaffenheit von stark eisenhaltigen Tiefbrunnenwässern etc.*, *Zeitschr. f. Hyg.* (1890) 9. *Bd.* 148.
11) **A. Lübbert**, *Freiwillige Eisenausscheidung aus Grundwasser etc.*, *Zeitschr. f. Hyg.* (1895) 20. *Bd.* 397.
12) **G. Tolomei**, *Sopra l'alterazione delle acque minerali fenuginose*, *Annal. di Chim. e di Farmakol* (1893) 18. *Bd.* 297,
13) **Gg. Langbein**, *Chemische Untersuchungen über die Wässer Leipzigs* (1868).
14) *l. c.* 29.
15) **M. Rubner**, *Beitrag zur Kenntnis der Fluſsverunreinigung durch anorganische Stoffe*, *Hyg. Rundsch.* (1895) 5. *Bd.* 925
16) *Rivers Pollution Commission* (1868). *Sixth report of the Commissioners appointed in* 1868 *to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers*, *London* 1874.
17) *Beschlüsse der Schweizer anal. Chemiker vom Jahre* 1895, *Chem. Ztg.* (1895) 1898.
18) **M. Mansfeld**, *Zeitschr. d. Allg. österr. Apotheker-Ver.* (1893) *No.* 34, *D. Chem. Centralbl.* (1894) 1. *Bd.* 225.
19) *Für die folgende Darstellung wurden die Arbeiten benutzt:* **Fr. Pecher**, *Beiträge zur Kenntnis der Wässer aus den geschichteten Gesteinen Unterfrankens* (1887); **Ed. Spaeth**, *Beiträge etc. von Oberfranken, in Mitteilungen aus dem pharm. Laboratorium Erlangen* 165, *München* 1889; **H. Röttger**, *Die Trinkwasserverhältnisse von Würzburg*, *Arch. f. Hyg.* (1891) 12. *Bd.* 221; **C. Metzger**, *Beiträge etc. des bayrischen Waldes*, *Erlangen* 1892; **Fr. Brunner** *und* **R. Emmerich**, *Die chemischen Veränderungen des Isarwassers*, *München* 1878.
20) **A. Wagner** *und* **L. Aubry**, *Beobachtungen über die Schwankungen in der Zusammensetzung des Münchener Grundwassers*, *Zeitschr. f. Biol. Bd.* 2, 3, 6 *und* 9.
21) **H. Bunte**, *Chemische Beschaffenheit des Leitungswassers deutscher Städte*, *Journ. f. Gasbeleuchtung etc.* (1889) 649 (*Beil.*). *Außerdem vergl. die Werke:* **G. Wolffhügel**, *Wasserversorgung, im Handb. d. Hyg. von M. v. Pettenkofer und H. Ziemssen*; **W. Ohlmüller**, *Die Untersuchung des Wassers*, *Berlin* 1894; **J. Koenig**, *Die Verunreinigung der Gewässer*, *Berlin* 1887; **F. Hueppe**, *Die hygienische Beurteilung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkte*, *Journ. f. Gasbeleuchtung etc.*, *München* 1887.

## Anhang II.

(Aus der Instruktion für bayerische Militärärzte.)

### Wasser-Untersuchungsbefund.

| | |
|---|---|
| Bezeichnung der Wasserentnahmestelle (Kaserne u. s. w.) | |
| Kurze Beschreibung der örtlichen Verhältnisse der Wasserentnahmestelle, Umgebung, Untergrund. | |
| Art des Brunnens, Quelle u. s. w., Beschaffenheit des Brunnenkessels (ob gemauert, in Cement, Kalk, Feldstein oder von Holz, Eisen u. s. w.) | |
| Welche Mafsnahmen sind zur Verbesserung des Brunnens u. s. w. bez. des Trinkwassers (und wann?) vorgenommen? | |

Bemerkung. Bei den regelmäfsig sich wiederholenden Prüfungen des Wassers durch die Sanitätsoffiziere oder das pharmazeutische Personal sind in der Regel nur auf S. 767 und 768 auszufüllen: Spalte 1—5, 9 und 10. In die Spalte 6a werden für gewöhnlich die in den Garnisonslazaretten nach der K S. O., in Spalte 6b, 7 und 8 bez. auch 9 die seitens der hygienischen oder bakteriologischen Stationen erzielten Untersuchungsergebnisse eingetragen.

2.

| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | | | | 6. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | a | | | | | | | | |
| | | | | Physikalische Beschaffenheit (einschl. Reaktion) | | | | | Chemische a) nach Anhang 2 des Gesundheitsdienstes im Felde d. K. S. O | | | | | | | | |
| Tag der Untersuchung | Sind seit der letzten Untersuchung Klagen über das Trinkwasser erhoben? Ist das Wasser verdächtig? | Oertliche Beschaffenheit der Wasserentnahmestelle bez. Veränderungen gegen S. 766 | Wie und von wem sind die untersuchten Wasserproben entnommen? | Farbe, Trübung, Niederschlag a) unmittelbar nach dem Schöpfen b) nach längerem Stehen | Geruch bei Erwärmung auf 50 ° C. | Geschmack bei Erwärmung auf 20 ° C. | Wärmegrad nach C. a) des Wassers beim Schöpfen b) der Luft | Reaktion | Gesamthärte (deutsche Grade) | Bleibende Härte (deutsche Grade) | Chlor | Schwefelsäure | Salpetersäure | Salpetrige Säure | Schwefelwasserstoff | Ammoniak | Organische Substanzen |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.

| b | | | | | | | | | | | | | 7. | 8. | 9. | 10. | 11. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Beschaffenheit** b) **ausführliche quantitative Untersuchung** | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gesamthärte | Bleibende Härte | Kalk | Magnesia | Ammoniak | Chlor | Schwefelsäure | Salpetersäure | Salpetrige Säure | Phosphorsäure | Eisenoxyd | Organische Substanzen | | Mikroskopischer Befund | Bakterioskopischer Befund | Urteil über die Brauchbarkeit des Trinkwassers | Die Untersuchung wurde ausgeführt | Vermerk der Kommando- etc. Behörde und des Korps-Generalarztes |
| | | | | | | | | | | | | | | | | zu 5 von:<br>zu 6a von:<br>zu 6b von:<br>zu 7 von:<br>zu 8 von: | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## IV. Die Beurteilung des Wassers vom sanitären Standpunkte aus.

Von

Prof. F. Loeffler.

Bei der Beurteilung des Wassers vom sanitären Standpunkte aus handelt es sich im wesentlichen darum, festzustellen, ob das Wasser aus einer beliebigen Bezugsquelle irgendwelche der Gesundheit schädliche Stoffe enthält, ob es zu einer bestimmten Zeit solche Stoffe enthalten haben kann und ob es für die Zukunft solche auch nicht enthalten wird.

Zur Beantwortung dieser Frage genügt in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Untersuchung einer Probe des betreffenden Wassers nicht, es muß vielmehr fast ausnahmslos das Urteil sich stützen auf die Untersuchung der ganzen Bezugsquelle oder Anlage, aus welcher die Probe entnommen ist, weil die Oertlichkeit und die angewandten Gewinnungsvorrichtungen in den innigsten Beziehungen stehen zu der Beschaffenheit des Wassers selbst.

Diese einfache logische Forderung ist unbegreiflicherweise lange Zeit ganz in Vergessenheit geraten. Man entnahm der zu prüfenden Anlage eine Wasserprobe, sandte diese einem Untersucher zu und dieser fällte nun, ohne die Anlage selbst zu kennen, auf Grund der Untersuchung dieser einen Wasserprobe sein Urteil: brauchbar oder unbrauchbar, verdächtig oder unverdächtig. Daß ein solches Verfahren nicht zulässig ist, liegt auf der Hand. Mit voller Einstimmigkeit verlangen deshalb die Hygieniker neuerdings (s. d. Arb. von Gruber[4], Gärtner[5], Flügge[9], Petri[1] u. A.), daß dieser alte, leider schon tief eingewurzelte Abusus beseitigt wird und daß in jedem Falle die Beurteilung sich zu stützen hat nicht nur auf die Untersuchung des Wassers, sondern auch auf die Untersuchung der Oertlichkeit und der Entnahmevorrichtungen, mit einem Worte auf die Untersuchung der ganzen Versorgungsanlage.

Dementsprechend kann die Beurteilung unter Umständen eine sehr leichte Aufgabe sein, bisweilen aber auch zu einer außerordentlich schwierigen sich gestalten.

Gesundheitsschädlich wird ein Wasser dadurch, das es krankmachende, giftige oder infektiöse Stoffe gelöst oder aufgeschwemmt enthält. Diese der Gesundheit schädlichen Stoffe entstammen entweder

der natürlichen Bodenformation, welche das Wasser durchströmt — es sind Bestandteile, welche dieser Formation von Natur aus eigentümlich sind —, oder aber sie rühren her von der Lebensthätigkeit und dem Haushalte der Menschen. Sie charakterisieren sich dann als fremdartige Bestandteile des Wassers, welche einem naturreinen, an sich der Gesundheit durchaus zuträglichen Wasser in irgend einer Phase seines Laufes, meist unabsichtlich, zugeführt werden.

Die erste Gruppe von schädlichen Substanzen hat für uns eine relativ sehr viel geringere Bedeutung als die zweite Gruppe.

Die gelösten natürlichen Bestandteile der Wässer, sowohl die anorganischen, durch die chemische Beschaffenheit des Bodens bedingten als auch die organischen, von Zersetzungen von Pflanzen oder Tieren herrührenden, sind, solange sie nicht in einer unsere Sinne direkt beleidigenden Menge darin vorhanden sind, welche dann die Benutzung des Wassers natürlich verhindert, kaum je gesundheitsschädlich!

Eine Gesundheitsschädigung kann unter Umständen bewirkt werden, namentlich bei Individuen mit empfindlichen oder geschwächten Verdauungsorganen, durch die Salze des Kalks und der Magnesia, wenn diese in einem gewissen Uebermaß in einem Wasser vorhanden sind. Diese Salze können dann Verdauungsstörungen verschiedener Art, Magenkatarrhe, Durchfälle oder auch Obstipationen hervorrufen. Die von Manchen vertretene Ansicht, daß sie auch zu Konkrementbildungen im Körper, Blasensteinen und dergl., Anlaß zu geben vermöchten, ist mit Sicherheit bisher nicht erwiesen. Von einigen Autoren wird eine durch Kalk- und Magnesiaverbindungen bedingte Härte von 20 deutschen Härtegraden als zulässiges Maximum angegeben. Vielfach indessen werden erheblich härtere Wasser, welche 25, 30, 40 und mehr Härtegrade haben, ohne jeden Nachteil genossen, sodaß vom gesundheitlichen Standpunkte aus wohl ein höherer Härtegrad, etwa 50°, als Grenzzahl zu normieren sein dürfte. (Siehe S. 752 u. 756.)

Erwähnenswert scheint hier die von R. Sendtner wiederholt gemachte Beobachtung, nach welcher Personen, die sich an weiches Trinkwasser gewöhnt haben, gegen das Trinken von hartem Wasser nicht unempfindlich sind[10].

Petri[1] meint, daß ein Gehalt von mehr als etwa 40 mg Magnesia zu vermeiden sein dürfte. Im allgemeinen wird der bitterliche Geschmack, welcher bei einem der Gesundheit nicht mehr zuträglichen Gehalt an Kalk- und Magnesiasalzen bereits vorhanden ist, die Verwendung solcher Wässer ausschließen.

Ob, wie manche glauben, ein höherer Gehalt von Kieselsäure irgendwelche hygienische Bedeutung hat, ist noch nicht erwiesen. Armand Gautier[2] führt in seiner Arbeit über die trinkbaren Wässer die Mitteilung von Dr. Guilbert an, daß in Noyon die Wässer stark kieselsäurehaltig seien, 0,014—0,026 g davon im Liter enthielten, und daß in der dortigen Gegend Caries und Verlust der Zähne überaus häufig beobachtet würden, Erscheinungen, welche nach seiner Meinung auf den hohen Kieselsäuregehalt der dortigen Wässer zurückzuführen seien. Die Kieselsäure soll mit den Kalksalzen des Mundspeichels unlösliche Verbindungen eingehen, welche sich auf die Zähne niederschlagen, das Zahnfleisch zerstören und zur Lockerung der Zähne Anlaß geben sollen. Der Beweis, daß

die Kieselsäure wirklich die Ursache jener Zahnerkrankungen darstellt, ist bisher indessen noch nicht geliefert worden.

Ein möglicherweise der Gesundheit schädlicher Gehalt an Schwefelwasserstoff, welcher in manchen Wässern angetroffen wird, kann niemals zu wirklichen Gesundheitsschädigungen führen, weil der Schwefelwasserstoff in den geringsten Spuren bereits durch den Geruch erkannt wird und von dem Genusse eines solchen Wassers abschreckt. (Vergl. S. 748.)

Alle übrigen in den trinkbaren natürlichen Wässern vorkommenden Stoffe haben sich selbst in den maximalen beobachteten Mengen als gesundheitsschädlich nicht erwiesen.

In natürlichen Wässern aus Gebieten, welche von dem menschlichen Verkehr nicht berührt und deshalb von allen den durch die Menschen selbst erzeugten schädlichen Stoffen frei sind, können unter Umständen aber noch Krankheitserreger enthalten sein, nämlich die Erreger solcher Krankheiten, welche unabhängig vom Menschen unter gewissen äußeren Bedingungen sich im Boden entwickeln und vermehren, und für welche immerhin die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß sie durch das Wasser verbreitet werden können.

Es sind dies die Erreger der Malaria, des Kropfes, der Ruhr, des Milzbrandes und verschiedene tierische, den Tropen namentlich eigentümliche Parasiten. Sehr häufig kommen Reisende, besonders auch marschierende Truppen, in die Lage, ein solches natürliches Wasser benutzen zu müssen. Selbst wenn das Wasser keine sinnfällig schlechten Eigenschaften darbietet, wird man von dem Genusse desselben Abstand nehmen, wenn es bekannt ist, daß in der betreffenden Gegend Fälle der genannten Krankheiten in Niederlassungen vorgekommen sind. Nur nach vorheriger desinfektorischer Behandlung sollte man deshalb unbekannte Oberflächenwässer genießen. Bei neuanzulegenden Wasserversorgungen wird man sich über das Vorkommen der genannten Krankheiten im Umkreise des Entnahmegebietes informieren, bevor man sich entschließt, ein seiner sinnfälligen Beschaffenheit nach sonst brauchbares Oberflächenwasser zu verwenden. (Vergl. S. 611 ff., 616, 651, 653, 655, 660.)

Die zweite Gruppe der für die hygienische Beurteilung eines Wassers in Betracht kommenden Substanzen umfaßt alle diejenigen giftigen oder infektiösen Stoffe, deren Erzeugung und Verbreitung dem Menschen selbst zur Last zu legen ist. Auch bei diesen Stoffen handelt es sich entweder um gelöste oder um suspendierte Körper.

Zu den gelösten gehören Gifte aller Art, welche in den Abgängen bez. Abwässern von Fabriken enthalten sind. Eine gewisse Bedeutung bei Verunreinigungen von Wässern durch Fabrikabgänge haben gewonnen das Arsen, sowie die in den Abwässern von Gasfabriken enthaltenen giftigen Cyanverbindungen. Meist wird die Gefahr, welche durch die Verunreinigung von Wasserbezugsquellen mit solchen, giftige chemische Stoffe führenden Abwässern entsteht, eine nicht zu große sein, weil die gleichzeitig sich einstellenden sinnfälligen Veränderungen der Wässer derartige sind, daß sie vom Gebrauche des gefährlichen Wassers zurückschrecken. Wirklich bedenklich sind meist nur solche Gifte, welche, wie in erster Linie das Blei, aus dem Material der wasserleitenden Apparate aufgenommen werden, ohne daß ihre Anwesenheit

auf irgendwelche Weise sich erkennbar macht. Ist ein Wasser in den Verdacht geraten, Vergiftungen bewirkt zu haben, so wird sich durch die chemische Analyse das in Frage kommende Gift auch in dem betreffenden Wasser nachweisen lassen. (Vergl. S. 498, 541.)

Sehr viel wichtiger wie die genannten giftigen gelösten Substanzen sind für die sanitäre Beurteilung eines Wassers die zugleich mit den allerverschiedenartigsten Abfallstoffen des menschlichen Hausrates in die Trink- und Gebrauchsgewässer hineingelangenden, darin suspendierten Krankheitserreger, unter welchen die wohlbekannten Erreger des Typhus und der Cholera, sowie die noch nicht genügend erforschten Erreger akuter Magen- und Darmerkrankungen die hervorragendste Rolle spielen. (Vergl. S. 616, 620, 636.)

Sobald sich der Verdacht erhebt, daß ein Wasser aus einer bestimmten Bezugsquelle zu bestimmten Erkrankungen Anlaß gegeben hat, wird die Untersuchung sich auch auf den Nachweis der betreffenden Erreger in dem verdächtigen Wasser richten müssen. Derselbe kann allein geführt werden mit Hilfe besonderer, für jeden einzelnen Erreger ausgearbeiteter bakteriologischer Methoden. Der positive Ausfall dieser Untersuchung liefert den Beweis, daß der Verdacht begründet gewesen war. Ein negativer Ausfall beweist indessen keineswegs das Gegenteil. Da stets eine gewisse Zeit verstreicht von dem Zeitpunkte an, in welchem die Krankheitserreger in das Wasser gelangt sind und demjenigen, in welchem die Erkrankung eintritt und erkennbar wird, so kann inzwischen die infizierte Wassermasse bereits wieder aus der Anlage entfernt sein, oder aber es können die Krankheitserreger in dem betreffenden Wasser zur Zeit der Entnahme der Proben für die Untersuchung bereits abgestorben und verschwunden sein. Die Untersuchung wird sich dann mit der Frage zu beschäftigen haben, ob zur Zeit der vermutlichen Infektion eine Verunreinigung des Wassers mit solchen Stoffen, welche den Krankheitserreger enthalten haben können, wahrscheinlich stattgehabt hat oder nicht. Es handelt sich dann mithin nicht mehr um den sicheren Beweis der stattgehabten Infektion, sondern um den Nachweis der Wahrscheinlichkeit einer solchen. Der gleiche Fall tritt ein, wenn der Erreger der Krankheit noch nicht bekannt ist. Dann kann er auch nicht aufgesucht werden und man muß sich darauf beschränken, die Wahrscheinlichkeit der Infektion darzuthun.

Die Anhaltspunkte für die Beurteilung der mehr oder minder großen Wahrscheinlichkeit gewinnen wir einerseits aus der näheren Untersuchung des Wassers selbst und andererseits aus einer sorgsamen Prüfung der Oertlichkeit und der Konstruktion der Anlage. Bevor wir auf die näheren Details dieser Untersuchung eingehen, wollen wir kurz erörtern, welche Wasserversorgungsanlagen bei der Untersuchung auf Infektionsverdacht hauptsächlich in Betracht kommen.

Alle Oberflächenwässer in bewohnten Gegenden sind eo ipso infektionsverdächtig, weil sie allen möglichen Verunreinigungen von der Bodenoberfläche her preisgegeben sind. Sie dürfen daher niemals zur Versorgung verwandt werden, bevor sie durch geeignete Maßnahmen unverdächtig gemacht sind. Bei der Beurteilung handelt es sich stets um die Prüfung des Erfolges dieser Maßnahmen. Die-

selbe geschieht durch die bakteriologische Untersuchung. Ueber die Prüfung der Sandfilter s. S. 712 ff. Eine Infektionsmöglichkeit bleibt bei der Filtration stets bestehen. Um dieselbe möglichst zu verringern, muß auf die Beschaffenheit des Rohwassers selbst das Augenmerk gerichtet werden. Dasselbe ist vor Verunreinigen aller Art, Kanal- und Fabrikabwässern, Zuflüssen von gedüngten Feldern möglichst zu bewahren. Die regelmäßige bakteriologische Untersuchung ist am besten im stande, über etwaige stärkere Verunreinigungen des Rohmateriales Aufschluß zu geben, da im großen und ganzen die Zunahme der Verunreinigungen Hand in Hand geht mit der Zunahme der Bakterien.

Quellwässer aus oberflächlichen, allen möglichen Verunreinigungen ausgesetzten Bodenschichten sind den Oberflächenwässern gleichzustellen.

Nicht infektionsverdächtig sind a priori die von der Außenwelt abgeschlossenen Wassermassen, welche unter der Oberfläche der Erde lagern. Sie sind es, welche im Bereiche der menschlichen Wohnstätten für den Gebrauch erschlossen, am häufigsten unbewußter Weise durch die Abgänge des Menschen verunreinigt und mit Krankheitserregern beladen werden.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle kommen demnach bei derartigen Untersuchungen lokale Wasserversorgungsanlagen in bewohnten oder kultivierten Gebieten in Betracht, und von diesen wiederum fast allein die sog. Kesselbrunnen, selten nur Röhrenbrunnen, welche zur Entnahme des Wassers der oberen Grundwasserschichten dienen. Röhrenbrunnen, welche Grundwasser aus großer Tiefe erschließen — sog. Tiefbrunnen — sind, abgesehen von den seltenen Fällen, in welchen sie wie in Soest und in Schneidemühl (s. S. 602 und 604) mit weit entfernten Oberflächenwässern durch präformierte, unterirdische Wege in Verbindung stehen, gegen jede Infektion geschützt, können daher nicht in den Verdacht geraten, Infektionen vermittelt zu haben.

Litteratur siehe S. 782.

## 1. Untersuchung des Wassers selbst.

Betrachten wir zunächst die Anhaltspunkte, welche wir für die Beurteilung der Wahrscheinlichkeit bez. Möglichkeit einer Infektion aus der Untersuchung des Wassers selbst gewinnen können. Für diese Untersuchung stehen uns eine Anzahl von Methoden zu Gebote:

1. die Methode der grobsinnlichen Untersuchung des Wassers,
2. die mikroskopische,
3. die bakteriologische, und
4. die chemische Untersuchung.

Die Infektionserreger gelangen nie allein für sich in eine Wasserbezugsquelle. Sie finden sich stets in Begleitung von menschlichen oder tierischen Abfallstoffen, mit welchen sie zugleich von den erkrankten Individuen entleert sind. Sind sie mit der Oberfläche des Erdbodens in Berührung gekommen, so werden sie auch zusammen mit Bestandteilen desselben aufgeschwemmt und weitergeführt werden. Diese suspendierten und gelösten Dejektionsstoffe sind im stande, wenn sie in einem gewissen Verhältnis einem reinen Wasser beigemischt werden, dieses Wasser sinnfällig zu verändern; das vorher klare

Wasser wird trüb, gelblich gefärbt, nimmt fäkalen oder ammoniakalischen Geruch und Geschmack an u. dgl. m. Zeigt ein vorher tadelloses Wasser eine solche sinnfällige Aenderung, so ist dadurch erwiesen, daß direkte unreine Zuflüsse zu dem betreffenden Wasser stattgefunden haben müssen. Die weitere Untersuchung wird dann lehren, woher diese verunreinigenden Stoffe stammten, ob sie infektionsverdächtig waren und wie sie in die Anlage hineingelangt sind.

Unsere Sinne vermögen uns in vielen Fällen vor Wässern, welche unserer Gesundheit schädlich sind, zu schützen, wenn wir die Warnungen, welche sie uns zu teil werden lassen, beachten. Das Studium zahlreicher in der Litteratur mitgeteilter Fälle, in welchen der Genuß eines Wassers zu Gesundheitsschädigungen geführt hat, ergiebt, daß das unzweideutige Ergebnis der grobsinnlichen Untersuchung genügt haben würde, die drohende Gefahr zu erkennen und Schädigungen zu verhüten. Eine gewisse Indolenz gegenüber den die Sinne beleidigenden Eigenschaften des Wassers im Verein mit dem dringenden Verlangen, das Durstgefühl in einem gegebenen Momente zu befriedigen, ferner die Unkenntnis oder die Unterschätzung der Gefahren, welche mit dem Genusse eines als unappetitlich erkannten Wassers verknüpft sein *können*, sind die Ursachen, welche trotz der warnenden Ergebnisse der grobsinnlichen Untersuchung zum Genusse der betreffenden Wässer und damit zu schweren Erkrankungen der Trinkenden geführt haben.

Wenn nun auch häufig ein sinnfällig schlechter Zustand eines Wassers mit einer gesundheitsschädlichen Beschaffenheit desselben Hand in Hand geht, so sind doch auch andererseits überaus zahlreiche Fälle beobachtet, in welchen das Hineingelangen verdächtiger Verunreinigungen in eine Wasserbezugsquelle zu einer grobsinnlich wahrnehmbaren Veränderung des Wassers nicht geführt hat.

Häufig vermögen wir dann noch das Eintreten von verdächtigen Unratstoffen durch eine sorgsame *mikroskopische Untersuchung* der Wasserproben zu erkennen.

Das Eindringen *fäkaler* Stoffe in eine Anlage wird erwiesen durch den Nachweis aller derjenigen morphotischen Elemente, welche dem Digestionstraktus von Menschen und Tieren eigentümlich sind Eier und Larven von Eingeweidewürmern, Darmepithelien, Fleischpartikelchen, welche den Darm passiert haben, bisweilen noch mit deutlicher Querstreifung versehen oder aber schollig degeneriert und durch Gallenfarbstoff gelb gefärbt, Bindegewebsfetzen u. dergl. sind sichere Merkmale einer fäkalen Verunreinigung und machen im gegebenen Falle den Verdacht einer Infektion zu einem wahrscheinlichen.

Das *Auffinden anderer morphotischer Elemente*, von Teilen oder Produkten von Pflanzen, Tieren und von Menschen, von Epidermiszellen, Haaren, Stärkezellen, Pollenkörnchen, Gespinnstfasern aller Art, pflanzlichen Gewebsteilen mit Spiralgefäßen u. s. f. berechtigt uns zu der Annahme, daß die Wasserversorgungsanlage in ungenügender Weise von der Außenwelt abgeschlossen war, kann daher die Annahme einer Infektions-Möglichkeit mit unterstützen.

Da mit den Dejekten und Bodenbestandteilen die *Keime zahlreicher* niederer *Lebewesen* in eine Anlage hineingelangen, da gleichzeitig auch die für die Entwickelung und Vermehrung dieser Gebilde notwendigen Nährstoffe ebenfalls zugeführt werden, so wird unter Umständen ein derart verunreinigtes Wasser einen größeren Reichtum an mikroskopischen Tieren und Pflanzen darbieten.

Ein gutes, von der Außenwelt abgeschlossenes Wasser ist meist frei oder doch arm an Infusorien. In reichlicherer Menge sind sie nur vorhanden, wenn die Bedingungen für ihre Entwickelung günstige sind, wenn unreine Zuflüsse stattgefunden haben, oder aber wenn an den Konstruktionsteilen der Anlage Mißstände bestehen, wenn z. B. Vermoderungsprozesse an hölzernen Brunnenröhren eingetreten sind u. dgl. Aus der Art der Infusorien vermögen wir Schlüsse auf das ihr Vorhandensein bedingende Moment bisher nicht zu ziehen. Ein Befund zahlreicher Infusorien wird uns daher nur ein Anlaß sein, die ganze Anlage einer weiteren eingehenden Untersuchung zu unterwerfen. Dasselbe gilt auch von dem mikroskopischen Befunde zahlreicher Spaltpilze. Da wir es denselben nicht ansehen können, von wo sie herstammen, welcher Art sie angehören, ob namentlich pathogene darunter sind, so wird uns ein Befund von zahlreichen Spaltpilz-Individuen, zumal wenn sie verschiedene Formen darbieten, zur näheren Erforschung der Ursache ihres Vorhandenseins und ihrer Artzugehörigkeit anregen.

Für die Beurteilung einer Infektions-Wahrscheinlichkeit interessiert es uns zu wissen, ob in dem betreffenden Wasser Organismen vorhanden sind, welche der Darmflora, der Jaucheflora, der Fäulnisflora, der Flora der oberflächlichen Bodenschichten angehören. Der Nachweis aller dieser Organismen kann nur durch die bakteriologische Untersuchung erbracht werden. Die Beurteilung des bakteriologischen Befundes setzt eine genaue Kenntnis aller dieser Floren voraus. Wenn es notwendig wäre, auf alle den genannten Floren eigentümliche Arten dabei Rücksicht zu nehmen, so würde dieselbe außerordentlich schwierig sein. Es giebt indessen bestimmte Arten, welche stets oder doch besonders häufig in den einzelnen Floren vorkommen und deshalb gewissermaßen als Repräsentanten derselben angesehen werden können, so in der Darmflora die Bacterium coli-Arten, in der Düngerjaucheflora die Spirillen, in der Fäulnisflora die Proteus-Arten, in der Bodenflora der wurzelförmige Bacillus, die sog. Kartoffelbacillen und der Bacillus megatherium.

Ein Wasser, welches mit fäkalen Stoffen verunreinigt ist, wird sicher das Bacterium coli, ein solches, welches einen Zufluß von Düngerjauche erhalten hatte, Spirillen enthalten, sind faulende Stoffe zugeführt, so werden die Proteus-Arten, ist Erde hineingelangt, die Erdbakterien darin sicher nicht fehlen. Leider aber ist das Vorkommen der Coli-Bakterien nicht ausschließlich auf den Darm des Menschen beschränkt, ebensowenig das der Spirillenarten auf die Düngerjauche. Die Proteusarten sind ebenso wie die Erdbakterien überall im Boden vorhanden. Bei der Herstellung der Versorgungsanlagen können sie daher auch in die wasserliefernden Schichten eingeführt sein. Es beweist daher ihre Anwesenheit in einem Wasser nicht unbedingt die Wahrscheinlichkeit einer Infektion. Die nähere Untersuchung muß daher erst Aufschluß darüber geben, woher sie in dem gegebenen Falle stammen und wie ihre Anwesenheit zu erklären ist. Erst nach Feststellung dieser Momente wird ein Urteil über ihre Bedeutung möglich sein.

Fehlten sie z. B. in dem Wasser einer Bezugsquelle, und treten sie plötzlich, vielleicht sogar in größerer Menge darin auf, so wird allerdings ihr Nachweis wesentlich dazu beitragen, einen Infektionsverdacht zu verstärken.

Abgesehen von den verschiedenartigen genannten, suspendierten Bestandteilen enthalten nun aber die unreinen Zuflüsse, welche die Träger

der Infektionserreger sind, noch gewisse gelöste Stoffe, welche zugleich mit jenen in die Wässer eingeführt werden. Im Harn und Kot finden wir die Stoffe der regressiven Metamorphose der Eiweißkörper, Harnstoff, Harnsäure, Kreatin, Keratinin, ferner Gallenbestandteile, Pankreatin, Darmsaft, Indol, Skatol, Phenole u. dgl. m., Stoffe, deren Nachweis für eine stattgehabte Verunreinigung mit den genannten Exkretstoffen von großer Wichtigkeit sein würde. Mischen sich diese Stoffe in großen Mengen und in frischem Zustande einem Wasser bei, so werden sie mit Leichtigkeit durch den Geruch oder den Geschmack, welchen sie dem Wasser verleihen, erkannt. Häufig aber sind sie in so geringen Mengen, in so starker Verdünnung in dem verunreinigten Wasser enthalten, daß ihr Nachweis grobsinnlich nicht gelingt. In diesen Fällen ist derselbe aber auch mit den gebräuchlichen chemischen Methoden nicht zu erbringen.

Angesichts der Schwierigkeiten, welche sich dem Nachweise jener Körper entgegenstellen und im Hinblick auf den Umstand, daß dieselben gewöhnlich nicht unzersetzt in die Wässer gelangen, hat man sich bisher nicht weiter bemüht, die Methoden zum direkten Nachweise derselben zu verfeinern, sondern hat vielmehr auf ihren direkten Nachweis verzichtet und sich darauf beschränkt, das Vorhandensein der Endglieder der regressiven Metamorphose der stickstoffhaltigen Körper $NH_3$, $N_2O_3$ und $N_2O_5$ mit außerordentlich feinen und empfindlichen Methoden festzustellen. Aus dem Auffinden dieser Zersetzungsprodukte meinte man dann auf eine stattgehabte Verunreinigung und sogar auf eine Infektion des betreffenden Wassers Schlüsse ziehen zu können. In gleicher Weise sahen Manche auch das Auftreten anderer gelöster Stoffe, von Kochsalz, Magnesiasalzen, von Körpern, welche, mit gewissen Reagentien behandelt, $NH_3$ liefern, oder durch Permanganat in saurer Lösung oxydierbar sind, als Zeichen einer stattgehabten Verunreinigung mit menschlichen oder tierischen Exkret- und Infektionsstoffen an. Und in der That, in einem mit zersetzten menschlichen oder tierischen Dejekten verunreinigten Wasser werden alle diese genannten chemischen Stoffe in mehr oder minder großer Menge vorhanden sein. Gleichwohl wäre es durchaus falsch, aus dem einfachen Vorhandensein dieser Körper auf eine stattgehabte Verunreinigung mit Dejekten oder gar auf eine Infektion schließen zu wollen. Sehr häufig kommen in einem Boden, dessen Wasser sehr gut geeignet ist für den Gebrauch, dieselben Stoffe und sogar in recht erheblichen Mengen vor. Die eingehenden Studien von Kurth[3] über das Grundwasser im Bremer Staatsgebiet haben wertvolle Aufschlüsse in dieser Beziehung gegeben. Aber selbst wenn das natürliche Wasser einer Bodenformation frei oder arm ist an dergleichen chemischen Bestandteilen, so beweist das Auftreten oder die Zunahme jener Stoffe allein noch nichts für eine Infektion. Die korpuskulären Infektionserreger gelangen sehr häufig auf andere Weise in die Brunnenanlagen wie jene gelösten Stoffe. Die Infektionserreger bedürfen offener, präformierter Wege, um in die Wasserversorgungsanlagen eindringen zu können. Stellen sich dicke, feinporige Bodenschichten dem Vordringen der infektiösen Dejekte entgegen, so werden die korpuskulären Infektionserreger in diesen zurückgehalten, während die gelösten Stoffe durch jene

Schichten hindurchgehen, nicht jedoch, ohne durch die Mikroorganismen in denselben zersetzt und in inoffensive, ein Wasser keineswegs für den Genuß ungeeignet machende Körper umgewandelt zu sein. Das Auftreten der beregten Stoffe in einem Wasser, welches im naturreinen Zustande davon frei gewesen war, spricht daher an sich noch nicht für eine stattgehabte Verunreinigung bezw. Infektion. Es wird uns ein warnendes Zeichen sein und Anlaß geben, der Ursache der Veränderung nachzuforschen. Erst die weitere Untersuchung wird dann ergeben, ob die neu aufgetretenen Stoffe direkt oder aber nach Passieren des Bodenfilters in die Anlage gelangt sind, ob die Gefahr einer Gesundheitsschädigung vorhanden ist, oder aber nur eine Verunreinigung des Bodens, welche das Wasser zwar nicht gesundheitsschädlich, aber doch bei ungenügender Mineralisierungskraft des Bodens unappetitlich zu machen geeignet ist.

## 2. Untersuchung der Versorgungsanlage.

Hat nun das Ergebnis der grobsinnlichen oder der mikroskopischen oder der bakteriologischen oder der chemischen Untersuchung, oder endlich das übereinstimmende Ergebnis mehrerer oder aller Untersuchungen den Verdacht einer stattgehabten Infektion bez. einer Infektionsmöglichkeit bestärkt oder sogar wahrscheinlich gemacht, so ist damit die Untersuchung noch keineswegs abgeschlossen. Es gilt nun weiterhin festzustellen, ob die Konstruktion der Anlage und die Oertlichkeit, an welcher sie sich befindet, den Verdacht begründet erscheinen läßt, und endlich auch die Wege aufzufinden, auf welchen die Infektion erfolgt sein kann.

Bei den Kesselbrunnen kann der Eintritt der infektiösen Materialien erfolgen direkt in das im Brunnen angesammelte Wasser, und zwar entweder von oben her durch Defekte der Bedeckungen, oder von der Seite her durch Undichtigkeiten in den Umwandungen. Außerdem aber können diese Stoffe in das Grundwasser selbst eindringen, wenn der Boden grobporig und stark durchlässig ist, wenn direkte Kommunikationen bestehen zwischen der Bodenoberfläche und dem Grundwasser, oder endlich wenn die Infektionsstoffe in der Umgebung des Brunnens direkt in das Grundwasser oder auch bis in dessen Nähe geleitet werden.

Bei den flachen Röhrenbrunnen ist nur der Modus der Grundwasserinfektion gangbar, es sei denn, daß die Röhre defekt geworden wäre.

Für die Infektionsmöglichkeit von oben und von den Seiten her ist von Wichtigkeit die Beschaffenheit der Bedeckungen und der Wandungen, die Höhenlage des Brunnens zu der Umgebung, die Bedeckung der Umgebung mit Abfallstoffen aller Art. Häufig findet man die Brunnen an den tiefsten Punkten eines Grundstückes angelegt, so daß alle Flüssigkeiten gezwungen sind, nach dieser Stelle hinzulaufen (s. d. Brunnen bei der Choleraepidemie in Altona, S. 623). Zudem findet man in unmittelbarer Nähe Dunghaufen, Müllplätze, Tierställe mit Abfluß nach den Brunnen zu u. dgl. m. Gar nicht selten ist die obere Bedeckung des Kessels dicht, aber die Seitenwandung nicht fest gemauert, sondern nur locker gefügt, oder von Rissen und Spalten durchsetzt, von welchen aus dann Schmutzstreifen älteren und jüngeren Datums zu dem Kesselwasser ziehen.

Das Eindringen seitlicher Zuflüsse aus den oberen Bodenschichten kann bei Hochstand des Wassers in dem Kessel nur erkannt werden,

wenn durch kräftiges Abpumpen mit einer Dampfpumpe der Spiegel im Kessel so weit gesenkt wird, daß die Seitenwandungen freigelegt werden.

Am schwierigsten ist es festzustellen, ob die Möglichkeit einer Verunreinigung des Grundwassers selbst vorliegt. Relativ einfach noch gestaltet sich die Untersuchung, wenn es bekannt ist, daß das Grundwasser bei der Neuanlage des Brunnens keimfrei gewesen war, was bei jeder Neuanlage füglich geprüft werden sollte. Liegt dieser Fall vor, so wird die bakteriologische Untersuchung sicheren Aufschluß gewähren darüber, ob dasselbe durch bakterienreiche Zuflüsse verunreinigt ist oder nicht. Der Beweis, daß das Grundwasser selbst Bakterien führt, kann erbracht werden bei Röhrenbrunnen durch Prüfung des Wassers nach Desinfektion der Röhren (s. S. 728).

Bei Kesselbrunnen ist das Verfahren ein umständlicheres. Die Prüfung kann geschehen mit Hilfe abessynischer Röhrenbrunnen, welche in der Umgebung eingetrieben, desinfiziert und dann bakteriologisch untersucht werden. Gruber[4] hatte für diesen Zweck empfohlen die Untersuchung der bei Absenkung des Spiegels unter das Niveau der wasserführenden Schicht seitlich hereinbrechenden Wasserströmchen. Dies Verfahren gestattet aber keinen zuverlässigen Schluß auf die Keimfreiheit des Grundwassers, weil die bei der Herstellung des Kessels in die wasserführende Schicht hineingelangten Bakterien häufig eine Strecke weit in das umgebende Erdreich hineingewuchert sind, so daß die hervorbrechenden Strömchen eines an sich keimfreien Grundwassers sich hier mit Bakterien beladen haben können. Sehr beachtenswert erscheint deshalb der Vorschlag Gaertner's[5], zugespitzte, mit seitlichen Löchern, wie die Sauger, versehene, sterilisierte Röhren seitlich und nach unten hin vom Kessel aus in die Umgebung einzutreiben und das aus diesen Röhren heraussprudelnde Wasser für die bakteriologische Untersuchung zu verwenden. Die chemische Untersuchung der seitlich hervorbrechenden Wasserströmchen oder des aus den eingetriebenen Röhren hervorsprudelnden Wassers wird im übrigen uns bisweilen Aufschluß geben können, von welcher Seite her die Verunreinigung erfolgt.

Sehr viel schwieriger noch wird die Beurteilung einer Infektionsmöglichkeit, wenn es nicht bekannt ist, ob das Grundwasser der Entnahmestelle bakterienfrei gewesen war bei der Anlage oder wenn es notorisch bakterienhaltig gefunden war. Sehr vielfach ist man in der norddeutschen Tiefebene, besonders in der Nähe der Meeresküsten, nicht in der Lage, das Wasser aus den tiefen, keimfreien Grundwasservorräten zu entnehmen, weil dieses Wasser unappetitliche Eigenschaften besitzt, sondern man ist angewiesen auf das gut trinkbare, aber bakterienreiche Wasser der oberflächlichen Schichten. In diesem Falle wird die Begutachtung eines Infektionsverdachtes sich nur stützen können auf die Beurteilung der lokalen Verhältnisse, auf die bakteriologische und chemische Prüfung des Grundwassers nur dann, wenn die bakterielle natürliche Flora des Brunnens bez. die chemische Zusammensetzung seines Wassers vorher bekannt war.

Der letzte und zugleich einer der wichtigsten Punkte bei der sanitären Beurteilung eines Brunnens ist die Untersuchung seiner Umgebung und der Beschaffenheit der Bodenschichten von der Oberfläche bis zum Grundwasser.

Von besonderem Werte ist es festzustellen, ob in einem gewissen Umkreise um den Brunnen herum solche zur Aufnahme von Schmutz-

und Abfallstoffen aller Art dienende Anlagen vorhanden sind, welche eine direkte Verunreinigung des Grundwassers ermöglichen, weil sie bis in eine gewisse Tiefe des Bodens hineinreichen.

Sind derartige Anlagen — Dungstätten, Abortgruben, Schmutzbehälter, Kanäle zur Ableitung von Abwässern u. dgl. m. — ohne wasserdichte Wandungen hergestellt, oder sind ihre Umwandungen, wie es überaus häufig vorkommt, im Laufe der Zeit undicht geworden, so gelangen die in ihnen enthaltenen, bakterienreichen, häufig recht bedenklichen flüssigen Stoffe sehr viel leichter in das Grundwasser, als wenn dergleichen Stoffe auf die Bodenoberfläche gebracht wären. Die oberen Bodenschichten haben meist eine außerordentlich hohe filtrierende Kraft, weil die gröberen Poren durch feinere Partikelchen zugeschlemmt werden, und weil die Körner derselben wie bei den Sandfiltern durch die Lebensthätigkeit der zahllosen in diesen Schichten wuchernden Mikroorganismen mit einer klebrigen Schicht organischen Materiales überzogen sind, sich im Zustand der sog. Verschleimung befinden. In den tieferen Schichten fehlen diese die filtrierende Kraft bedingenden Momente. Dieselben vermögen daher nicht, auf kurzen Strecken bakterienreiche Zuflüsse von ihren Bakterien zu befreien und unschädlich zu machen.

Je grobporiger die wasserführenden Schichten und je stärker der Grundwasserstrom, um so weiter werden bakterielle Verunreinigungen von der Verunreinigungsquelle aus fortgeführt werden.

Für die Beurteilung der Zulässigkeit solcher Anlagen ist es daher unbedingt notwendig, die physikalische Bodenbeschaffenheit des Brunnenterrains, namentlich der wasserführenden Schichten, sowie die Richtung, die Geschwindigkeit und die Ergiebigkeit des Grundwasserstromes zu kennen. Auch die Inanspruchnahme des Brunnens kommt dabei mit in Betracht. Je stärker dieselbe, auf um so größere Entfernung wird die Ansaugung des Wassers erfolgen.

Pfuhl[6] fand bei stark in Anspruch genommenen, in einer Kiesschicht stehenden Brunnen der Rheinebene das Entnahmegebiet bis auf 60 m, Kurth[3] in den alluvialen Schichten des Bremer Staatsgebietes auf 7—10 m sich erstreckend. Gaffky[7] stellte bei der Untersuchung einer Typhusepidemie in Wittenberg im Jahre 1882 fest, daß ein Kesselbrunnen auf dem dortigen Kasernenhofe von einer 16 m entfernten Abortgrube aus verunreinigt worden war. Aus der, wie die Bloßlegung der Umwandungen ergab, undichten Grube gelangten die fäkalen Jauchestoffe in eine grobporige wasserführende Kiesschicht und in dieser mit dem Grundwasserstrome bis zu dem tiefer in den Boden reichenden Brunnen. Da der Kies sehr durchlässig und stark ausgewaschen war und da zudem die Wandung des Kessels zufällig an mehreren Stellen undicht war, so konnte die Jauche sowohl durch den Kies in das Grundwasser, als auch durch die Kesselwandung in das Kesselwasser eindringen. Dieser sehr instruktive Fall lehrt, daß Quellen etwaiger Verunreinigungen des Untergrundes niemals in der Richtung eines nach der Wasserentnahmestelle hin gerichteten Grundwasserstromes vorhanden sein dürfen. Wäre das Grundwasser in der Kiesschicht durch eine starke Thonlage verhindert worden, in das den Kessel speisende Grundwasser einzudringen, wäre dieses Grundwasser vor einer Infektion von oben geschützt und gut gewesen, was hier nicht der Fall war, so würde trotz gutem Grundwasser eine Infektion möglich gewesen sein aus der höheren,

verunreinigten Schicht durch die defekten Kesselwandungen. Die Entnahme des Wassers aus einer tiefen Grundwasserschicht schützt daher nicht vor Infektionen, wenn nicht die Konstruktion des Brunnens Sicherheit gegen das Eindringen von Wasser aus höheren Grundwasserschichten gewährleistet.

Aus dem Dargelegten erhellt, wie schwierig unter Umständen die Beurteilung einer Wasserversorgungsanlage sein kann, zumal wenn nicht grobsinnliche Veränderungen des Wassers, sondern Infektionsverdacht Anlaß gegeben haben zu derselben.

Es bliebe nun noch kurz die prophylaktische Begutachtung einer Anlage zu erörtern. Sie hat die Frage zu beantworten, ob eine zur Zeit ohne Nachteil für die Konsumenten benutzte Anlage auch für die Zukunft eine sichere Garantie bietet gegen jede Gesundheitsschädigung durch dieselbe.

In diesem Falle muß die Beurteilung vorzugsweise basieren auf der Beurteilung der Oertlichkeit und der Konstruktionsweise. Sie muß mithin berücksichtigen:

1) bei der Oertlichkeit: die Höhenlage der Entnahmestelle im umgebenden Terrain, die Entfernung von Aborten, Dunggruben, Schmutztümpeln, Kanälen etc., die Sauberkeit der Oberfläche, die Dichtigkeit derselben durch Abpflasterungen,

2) bei der Konstruktion: die Art des Brunnes, ob Röhren- oder Kesselbrunnen, die Brunnenbedeckung, die Beschaffenheit der Wandungen, die Ableitung der Waschwässer, die Tiefe des Brunnens, die Bodenstruktur, die Richtung, Strömungsgeschwindigkeit, Ergiebigkeit und Inanspruchnahme des Grundwasserstromes, sowie die Keimfreiheit des Grundwassers.

Sind alle diese Verhältnisse normal, so kann das Urteil dahin abgegeben werden, daß, solange in den bestehenden Verhältnissen eine Aenderung nicht eintritt, jede Infektionsgefahr ausgeschlossen ist.

Da nun aber solche Aenderungen eintreten können, so kann von einer dauernden Garantie für die Zukunft nicht die Rede sein. Demnach ist es unumgänglich notwendig, alle Wasserversorgungsanlagen einer regelmäßigen periodischen Revision zu unterziehen. Gerade bei diesen periodisch wiederkehrenden Untersuchungen werden neben der Lokalinspektion die bakteriologische und auch die chemische Prüfung uns wertvolle Anhaltspunkte für die Beurteilung zu liefern imstande sein. Beide Untersuchungen werden daher stets bei solchen Revisionen in Anwendung zu ziehen und deren Ergebnisse in das jeweilige Revisionsprotokoll aufzunehmen sein.

Um die Beurteilung der Wasserversorgungsanlagen vom hygienischen Standpunkte aus zu erleichtern und um zugleich auch die Gefahren, welche von denselben drohen, auf das möglichst geringe Maß zu beschränken, sind eine Reihe von Einrichtungen zu treffen, welche in klarer, präziser Weise dargelegt sind von Schroeder [8] in einem Vortrage auf der XI. Hauptversammlung des Preußischen Medizinalbeamtenvereins. Schroeder spricht sich über dieselben folgendermaßen aus:

„Dringend geboten erscheint eine Ergänzung der bestehenden Baupolizeiverordnungen durch eine Brunnenordnung, welche Bestimmungen über die Fassung der Quellen, über die Lage und

Entfernung der Brunnen zu und von den Abortanlagen und dergl., über die Art des Baues, des Materiales und der Herstellung von Rohr- und Kesselbrunnen, über die Ableitung der Abwässer, über die Brunnenreinigung und -ausbesserung enthalten müßte. Die bestehenden Wasserversorgungsanlagen wären, insofern sie diesen Verordnungen nicht entsprächen, zwangsweise den zu erlassenden Vorschriften entsprechend umzugestalten oder, falls dies nicht anginge, zu beseitigen und durch tadellose zu ersetzen. Es wäre nötig, jede Brunnenanlage medizinalpolizeilich prüfen zu lassen. Alle Ergebnisse der Brunnenuntersuchungen einer Stadt, eines Dorfes, eines Bezirkes etc. wären aktenmäßig zu sammeln und die Tiefe des Brunnens, sowie die Resultate etwaiger Bohrversuche (Erdschichten) jedesmal aufzuzeichnen. Auf diese Weise würden allmählich Brunnenkataster (Verzeichnisse aller vorhandenen Brunnen) entstehen, in welche zweckmäßig die vorkommenden Epidemien von Typhus etc. eingetragen werden müßten. Die Führung des Katasters bez. ihre Verbesserung müßte unter Kontrolle der Medizinalbeamten geschehen, welche die Ergebnisse der Brunnenuntersuchungen anläßlich von Epidemien einzutragen haben. Auch müßte den Medizinalbeamten aufgegeben werden, alle Brunnen ihres Bezirkes in einem regelmäßigen Turnus zu untersuchen bez. zu besichtigen.“

Diese Ausführungen entsprechen im großen und ganzen unseren im Vorstehenden dargelegten Anschauungen: die Einführung von Brunnenordnungen und die Ueberwachung der Brunnen durch die dazu berufenen Medizinalpersonen sind dringende Erfordernisse, wenn anders ein Wandel in den vielfach noch geradezu unglaublichen Zuständen der lokalen Wasserversorgungen geschaffen werden soll.

1) **R. J. Petri**, *Wie soll unser Trink- und Nutzwasser beschaffen sein, wie ist dasselbe zu prüfen, woher und wie sollen wir dasselbe entnehmen? Aerztl. Sachverständigen-Zeitung* (1895) *No* 24, (1896) *No.* 1 *und* 2.

2) **Armand Gautier**, *Les eaux potables in Jul. Rochard: Encyclopédie d'hygiène et de médecine publique, Tome II, Paris* 1890.

3) **H. Kurth**, *Ueber die gesundheitliche Beurteilung der Brunnenwässer, Zeitschr. f. Hyg.* (1895) 19. *Bd.* 1.

4) **Max Gruber**, *Die Grundlagen der hygienischen Beurteilung des Wassers, D. Viertelj. f. öffentl. Gesdhtspfl.* 25. *Bd.* (1893) 415.

5) **A. Gaertner** *in Walter-Gaertner, Braunschweig* 1895, *und Ueber Methoden, die Möglichkeit der Infektion eines Wassers zu beurteilen, Festschrift zur* 100-*jähr. Stiftungsfeier des med.-chir. Friedrich-Wilhelm-Instituts, S.* 421, *Berlin* 1895.

6) **E. Pfuhl**, *Beitrag zur hygienischen Beurteilung der Wasserentnahmestellen in Elsaſs-Lothringen, Arch. f. öffentl. Gesdhtspfl. in Elsaſs-Lothringen* (1895) 16. *Bd.* 2. *H.*

7) **Gaffky**, *Zur Aetiologie des Abdominaltyphus, mit einem Anhange: Eine Epidemie von Abdominaltyphus unter den Mannschaften des* 3. *Brandenburg. Inf.-Regts. No.* 20 *im Sommer* 1882, *Mitteilungen a. d. Kais. Gesundheitsamt* 2. *Bd.* (1884) 413.

8) **Schroeder**, *Ueber die Untersuchung und hygienische Beurteilung von Brunnenanlagen in kleinen Städten und auf dem Lande, Sonderabdr. a. d. Ber. üb. d.* 11. *Hauptvers. des Preuſs. Medizinalbeamtenvereins am* 23. *u.* 24. *April* 1894.

9) **Flügge**, *Hyg. Beurteilung von Trink- und Nutzwasser, D. Viertelj. f. öffentl. Gesdhtspfl.* (1894) 28. *Bd.* 210. — **Kruse**, *Krit. u. experim. Beiträge zur hygien. Beurtlg. d. Wassers, Z. f. Hyg.* (1895) 17. *Bd.* 1.

10) **Sendtner** *nach privater Mitteilung.*

---

# Generalregister
## zum ersten Bande.

---

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena.

